

INSTITUT FÜR BAUSTOFFKUNDE UND STAHLBETONBAU
DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG
DIREKTOREN: PROF. DR.-ING. K. KORDINA · PROF. DR.-ING. F. S. ROSTÁSY

Baulicher Brandschutz im Industriebau

(Berechnungen nach DIN 00 18 230)

von

Akad. Oberrat Dr.-Ing. U. Schneider

Juni 1978

Teil I

BIBLIOTHEK
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz
der Technischen Universität Braunschweig
Beethovenstraße 52
D-3300 Braunschweig

Untersuchung im Auftrage des Instituts für Bautechnik, Berlin,
Az.: IV/1-5-46/74, IV/1-5-46/75 und IV/1-5-46/76.

Veröffentlichungen des Untersuchungsberichts, auch auszugsweise, bedürfen in
jedem Einzelfall der schriftlichen Einwilligung des Instituts.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
1.1. Möglichkeiten der brandschutztechnischen Bemessung von Bau- teilen und Bauwerken	1
1.2. Problemstellung	8
2. Voruntersuchungen	10
2.1. Organisatorische Fragen	10
2.2. Auswahl der Objekte	12
3. Brandschutztechnische Untersuchungen	13
3.1. Allgemeines	13
3.2. Ermittlung der baulichen Parameter	15
3.3. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter	15
3.4. Ermittlung der brandschutztechnischen Bewertungsfaktoren nach DIN OO 18 230	17
4. Untersuchungsergebnisse	18
4.1. Allgemeine Ergebnisse und statistische Auswertungen	18
4.2. Ausgeführte Feuerwiderstandsdauer der untersuchten Industrie- gebäude gemäß DIN 4102	24
4.3. Berechnete Feuerwiderstandsdauer der untersuchten Industrie- gebäude gemäß DIN OO 18 230	30
4.4. Statistische Auswertung der ermittelten Feuerwiderstands- dauern	34
5. Folgerungen im Hinblick auf die praktische Anwendung der Norm . . .	40
5.1. Praktische Hinweise	40
5.2. Vergleich der bisherigen Anforderungen mit den theoretisch ermittelten Werten	41
5.3. Abschließende Wertung	41
6. Schlußbetrachtung	42
7. Literaturhinweise	44
8. Anhang	45

1. Einleitung

1.1. Möglichkeiten der brandschutztechnischen Bemessung von Bauteilen und Bauwerken

Die brandschutztechnische Bemessung und Beurteilung von Bauteilen wird zur Zeit in der Regel aufgrund genormter Brandversuche, denen die in Frage stehenden Bauteile unterworfen werden, vorgenommen. In der Bundesrepublik Deutschland ist diese Art der Bemessung und Klassifizierung in DIN 4102 geregelt. Das derzeit praktizierte, auf Erfahrungen beruhende System von bauaufsichtlichen Anforderungen einerseits und allgemein akzeptierten Prüfbestimmungen andererseits führte bislang bei baulichen Anlagen normaler Nutzung zu keinen besonderen Risiken. Diese Tatsache ist umso erstaunlicher, als insbesondere die Festlegungen und Anforderungen des Normbrandes nach DIN 4102 relativ willkürlich sind; denn aus der unendlichen Vielzahl von Brandverläufen wird ein einziger, und zwar nicht einmal der ungünstigste Brandverlauf als maßgebende Brandbeanspruchung für die Bemessung definiert.

In Bild 1 sind einige Temperatur-Zeit-Verläufe, die bei natürlichen Bränden unter bestimmten Bedingungen beobachtet wurden, dem Normbrand nach DIN 4102 Teil 2 gegenübergestellt. Man erkennt daran, daß die Brandraumtemperaturen beim Normbrand bei natürlichen Bränden weit übertroffen werden können. In Abhängigkeit von der Brandlast und den vorherrschenden Lüftungsbedingungen - letztere sind in Bild 1 durch A_F/A als Parameter charakterisiert^{+) - sind somit Brandverläufe denkbar, die wesentlich über dem Normbrand liegen. Andererseits ist jedoch auch vorstellbar, daß in Räumen mit sehr geringen Brandlasten die genormte Brandraumkurve im Falle eines Brandes gar nicht erreicht und damit weit unterschritten wird. Es sind deshalb vielfältige Bestrebungen im Gange, das Prüfverfahren nach DIN 4102 durch Einbeziehung der in der Praxis tatsächlich zu erwartenden Brandbeanspruchungen zu ergänzen. Neben der Bemessung auf der Grundlage eines Normbrandversuches werden somit Bemessungsverfahren angestrebt, die den in wirklichen Schadensfeuern zu erwartenden thermischen Beanspruchungen eher gerecht werden.}

^{+) A_F = Fensterfläche, A = Grundfläche des Raumes.}

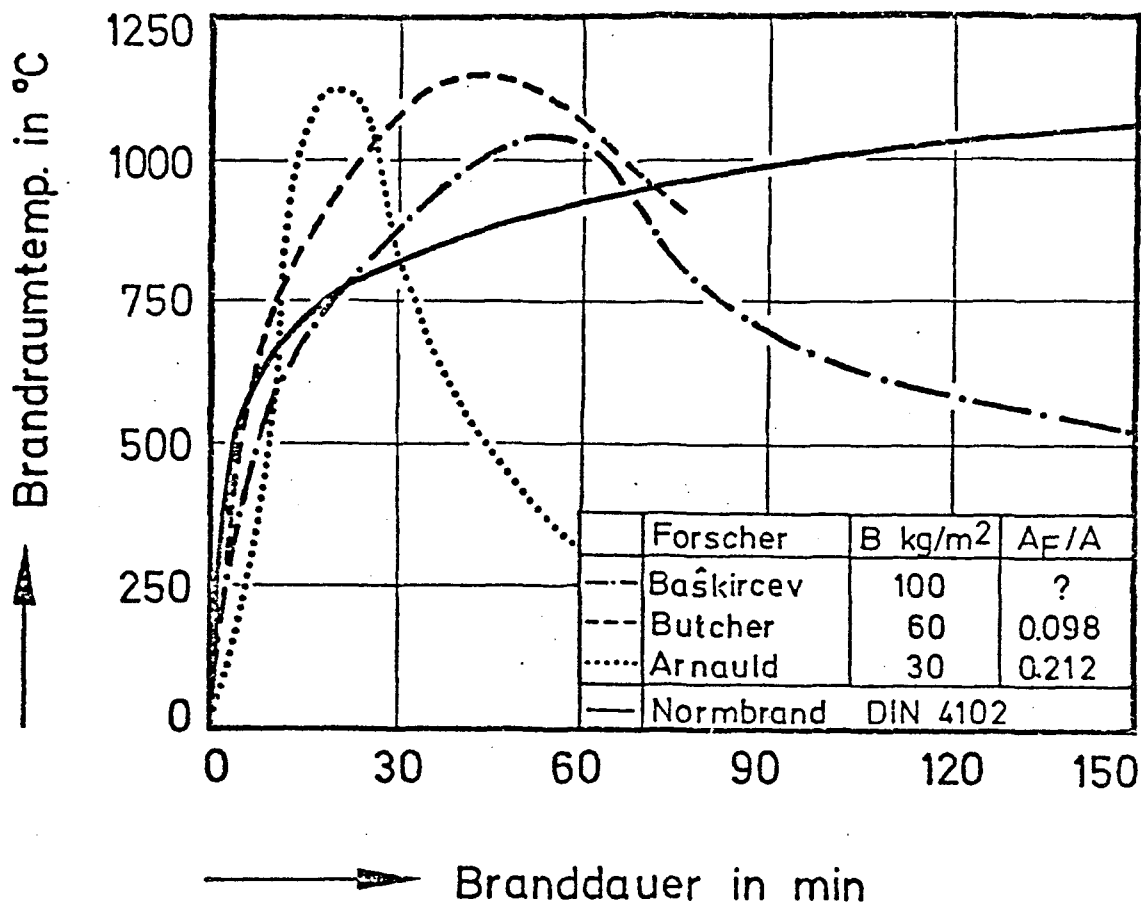


Bild 1: Brandraumtemperaturen bei natürlichen Bränden und dem Normbrand nach DIN 4102 Teil 2

Grundsätzlich kann eine brandschutztechnische Bemessung auf zwei unterschiedliche Arten erfolgen. Einmal nach der in DIN 4102 definierten Prüfmethode und zum anderen auf der Grundlage eines natürlichen Brandes bzw. realen Schadenfeuers, wobei im letztgenannten Fall zwischen der direkten und der indirekten Bemessung unterschieden werden muß. Auf Bild 2 sind die derzeit bekanntesten, unterschiedlichen Bemessungsmethoden schematisch dargestellt. Die Bemessung nach dem Normbrand stellt bislang praktisch den Regelfall dar.

Von allen Bemessungsmethoden ist die Bemessung nach dem Normbrandversuch am übersichtlichsten. Bild 3 (linke Seite) zeigt den Ablauf einer solchen Bemessung. Insgesamt sind nur 4 Bemessungsschritte erforderlich, um zu einer brandschutztechnischen Beurteilung eines Bauteils zu gelangen. Die Höhe der brandschutztechnischen Anforderungen wird dabei als bekannt vorausgesetzt. Sie ist z. B. in den Bauordnungen geregelt - eine individuelle und möglicherweise aus ökonomischen Gründen zweckmäßigere Festlegung der Anforderungen für das Einzelbauwerk scheidet somit weitgehend aus.

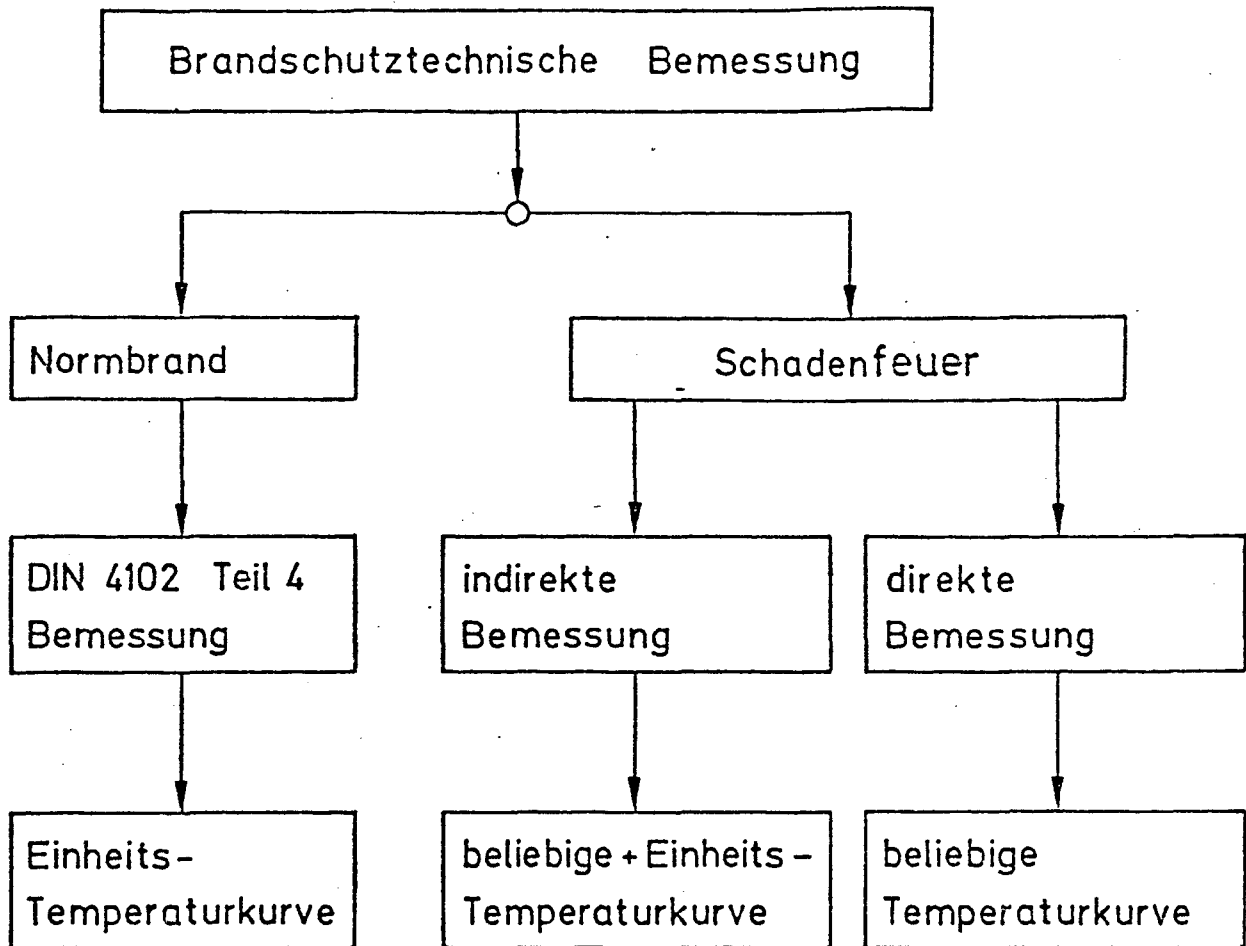


Bild 2: Methoden der brandschutztechnischen Bemessung

Demgegenüber steht die brandschutztechnische Bemessung aufgrund realer Schadenfeuer, die ebenfalls auf Bild 3 (rechte Seite) dargestellt ist. Da sich diese Art der Bemessung in der Praxis nur begrenzt realisieren läßt, stehen theoretische Untersuchungen und Analysen im Mittelpunkt dieses Verfahrens. Im Prinzip sind bei einer derartigen Bemessung drei grundsätzlich verschiedene Bemessungsabschnitte erforderlich, von denen allerdings zwei direkt miteinander gekoppelt sind, was die Anwendung dieses Verfahrens außerordentlich erschwert:

Der erste Bemessungsschritt besteht in der Aufstellung einer Wärmebilanzrechnung für das im Katastrophenfall zu erwartende Schadenfeuer. Als externe Größe gehen dabei die Brandlast, einschließlich der zu erwartenden Brandausbreitungs- und Abbrandgeschwindigkeiten, die Brandraumgeometrie, die Brandraumlüftung und das Brandraummaterial in die Berechnung ein. Das Ergebnis dieser Analyse ist ein mittlerer Temperatur-Zeit-Verlauf im Brandabschnitt, der im 2. Berechnungsschritt als Eingangsgröße dient.

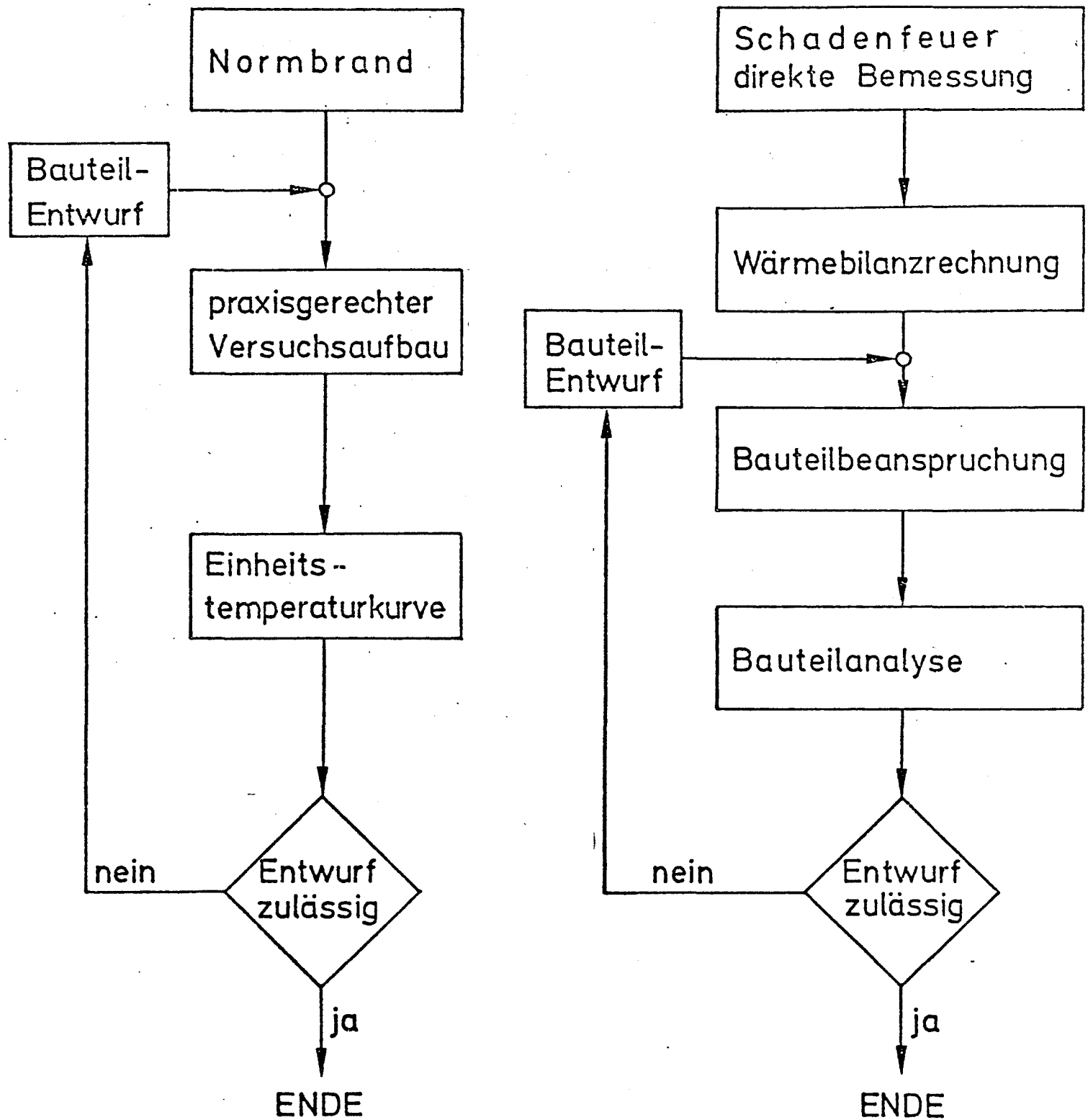


Bild 3: Brandschutztechnische Bemessung nach DIN 4102 und aufgrund realer Schadenfeuer

Der zweite Bemessungsschritt dient der Ermittlung der Bauteilbeanspruchungen aufgrund des berechneten Brandverlaufes. Dabei sind neben den Lasten und Auflagerungsbedingungen der den Brandraum begrenzenden Bauteile der zeitlich veränderliche Temperaturverlauf im Brandraum, die jeweils vorherrschenden Wärmeübergangsbedingungen und auch alle thermisch bedingten Änderungen in den Materialeigenschaften der Konstruktionsbaustoffe zu berücksichtigen.

Der dritte Bemessungsschritt besteht in einer Bauteilanalyse anhand der berechneten Temperatur-, Spannungs- und Verformungsfelder. Aufgrund dieser Analyse wird über die Zulässigkeit des Entwurfs entschieden. Ist der Entwurf nicht zulässig, muß die Rechnung mit geänderten Bauteilparametern wiederholt werden. Die Wärmebilanzrechnung braucht dabei jedoch nicht erneut durchgeführt zu werden, es sei denn, es werden im 2. Entwurf neue Baustoffe mit einem anderen Brandverhalten vorgeschlagen.

Man sieht also, daß diese Art der brandschutztechnischen Bemessung außerordentlich kompliziert ist. Für den alltäglichen Gebrauch scheidet sie praktisch aus. In bestimmten Fällen, z. B. bei Gebäuden bzw. Objekten besonderer Art und Nutzung sollte sie jedoch allein schon aus wirtschaftlichen Erwägungen nicht völlig außer acht gelassen werden. Die Vorzüge einer brandschutztechnischen Bemessung aufgrund des zu erwartenden Schadenfeuers haben zu Überlegungen geführt, diese Methode mit dem Bemessungsverfahren nach DIN 4102 zu verknüpfen. Damit sollte erreicht werden, daß die in Normbrandversuchen gesammelten brandschutztechnischen Erfahrungen weiterhin verwendet werden können, andererseits jedoch auch die in realen Schadenfeuern tatsächlich auftretenden Brandbeanspruchungen Berücksichtigung finden. Eine derartige Möglichkeit ist durch die auf Bild 2 angegebene indirekte Bemessungsmethode gegeben, worauf im folgenden etwas näher eingegangen werden soll.

Ausgangspunkt der indirekten Bemessung ist einerseits ein reales Schadenfeuer im Brandabschnitt, welches z. B. durch eine Wärmebilanzrechnung simuliert werden kann, und zum anderen eine Brandbeanspruchung entsprechend der Einheitstemperaturzeitkurve nach DIN 4102. Aus dem Schadenfeuer einerseits und dem Normbrand andererseits resultieren naturgemäß bestimmte Brandbeanspruchungen, die ihrerseits bestimmte Brandwirkungen in den Bauteilen hervorrufen. Diese Brandbeanspruchungen bzw. -wirkungen können durch Messungen oder Rechnungen miteinander in Beziehung gesetzt werden. Anhand der gemessenen oder auch be-

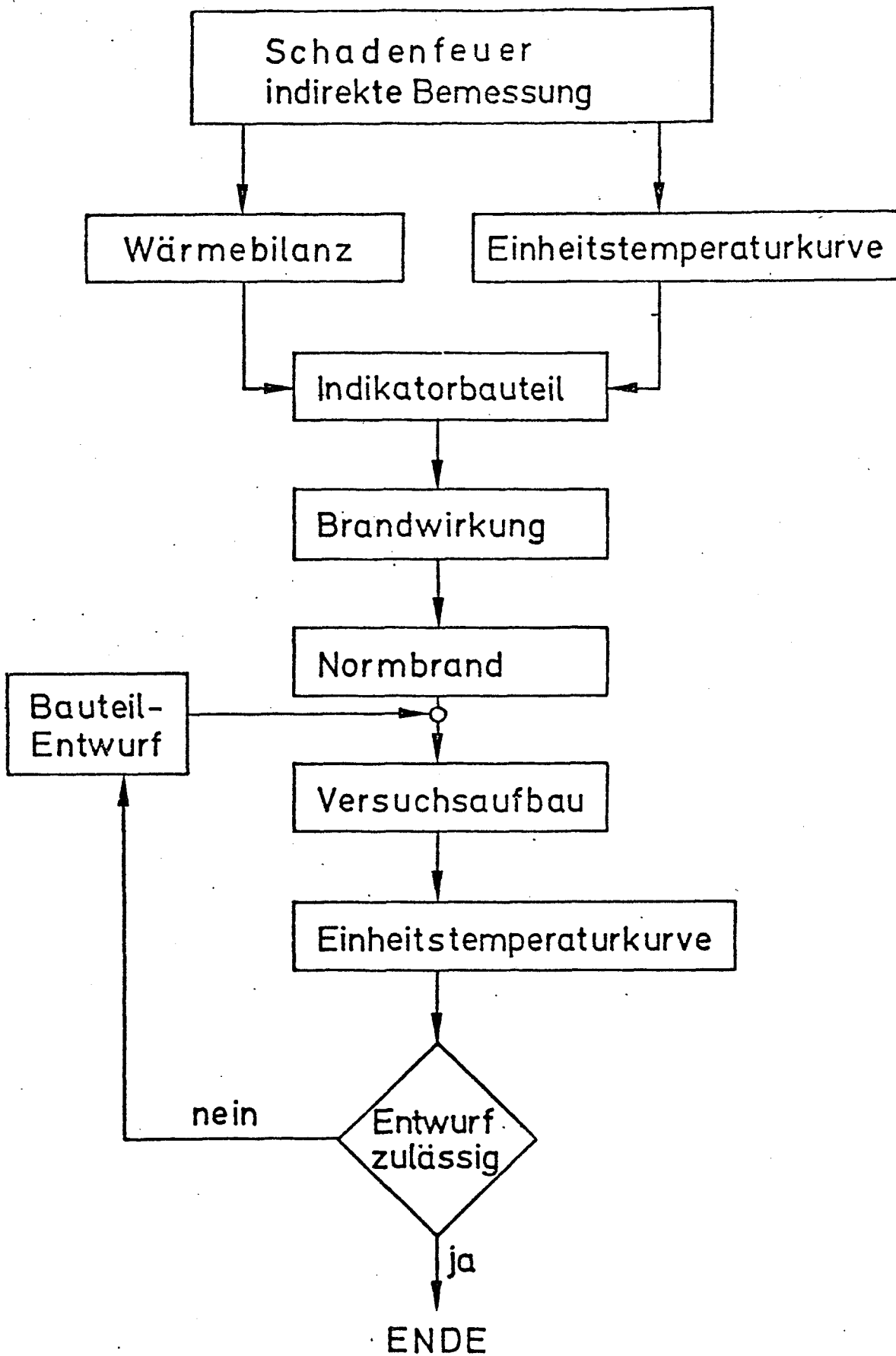


Bild 4: Indirekte brandschutztechnische Bemessung aufgrund realer Schadenfeuer

rechneten Werte wird für das reale Schadenfeuer die sogenannte äquivalente Normbranddauer bestimmt, d. h. das reale Schadenfeuer wird in seinen Auswirkungen mit den Auswirkungen eines Normbrandes von bestimmter Dauer auf ein bestimmtes Bauteil (Vergleichs- oder Indikatorbauteil) verglichen. Bild 4 zeigt den Ablauf dieses Beurteilungsverfahrens. Durch Gleichsetzung der maximalen Brandwirkungen, die im natürlichen Brand aufgetreten sind, mit den Brandwirkungen, die im Normbrand nach einer bestimmten Zeit auftreten, wird die äquivalente Branddauer $t_{\text{äq}}$ ermittelt, so daß die daran anschließende Bemessung auf der Grundlage des Normbrandes vorgenommen werden kann. Das reale Schadenfeuer wurde somit über ein Indikatorbauteil auf den Normbrand zurückgeführt, und die gesamten in Normbrandversuchen gesammelten brandschutztechnischen Erfahrungen können nun wieder zur Anwendung kommen.

Das hier erläuterte Verfahren erscheint zunächst als sehr vorteilhaft. Allerdings hat es auch gewisse Schwächen. Diese hängen vor allem mit der Definition der Brandwirkung und der meßtechnischen Erfassung dieser Größe zusammen (vergl. Bild 5). Grundsätzlich muß davon ausgegangen werden, daß alle in einem Brandfall auftretenden Bauteilveränderungen als Brandwirkungen anzusehen sind. Die wichtigsten Veränderungen sind z. B. Temperaturerhöhungen, Durchbiegungen und Verformungen aller Art, Festigkeitsminderungen, aber auch Entwässerungen und chemische Umwandlungen sowie Abbrand- bzw. Verkohlungstiefen. Jede dieser Größen kann als Brandwirkung und somit als Parameter für die Beurteilung einer Brandbeanspruchung am Bauteil angesehen werden; maßgebend ist aber offensichtlich nur jene, die zuerst zu einer Begrenzung der Feuerwiderstandsdauer des zu überprüfenden Bauteiles führt. In diesem Zusammenhang sind übrigens zahlreiche Forschungsarbeiten durchgeführt worden [1 bis 5], so daß über die Anwendbarkeit des Verfahrens keine grundsätzlichen Bedenken bestehen.

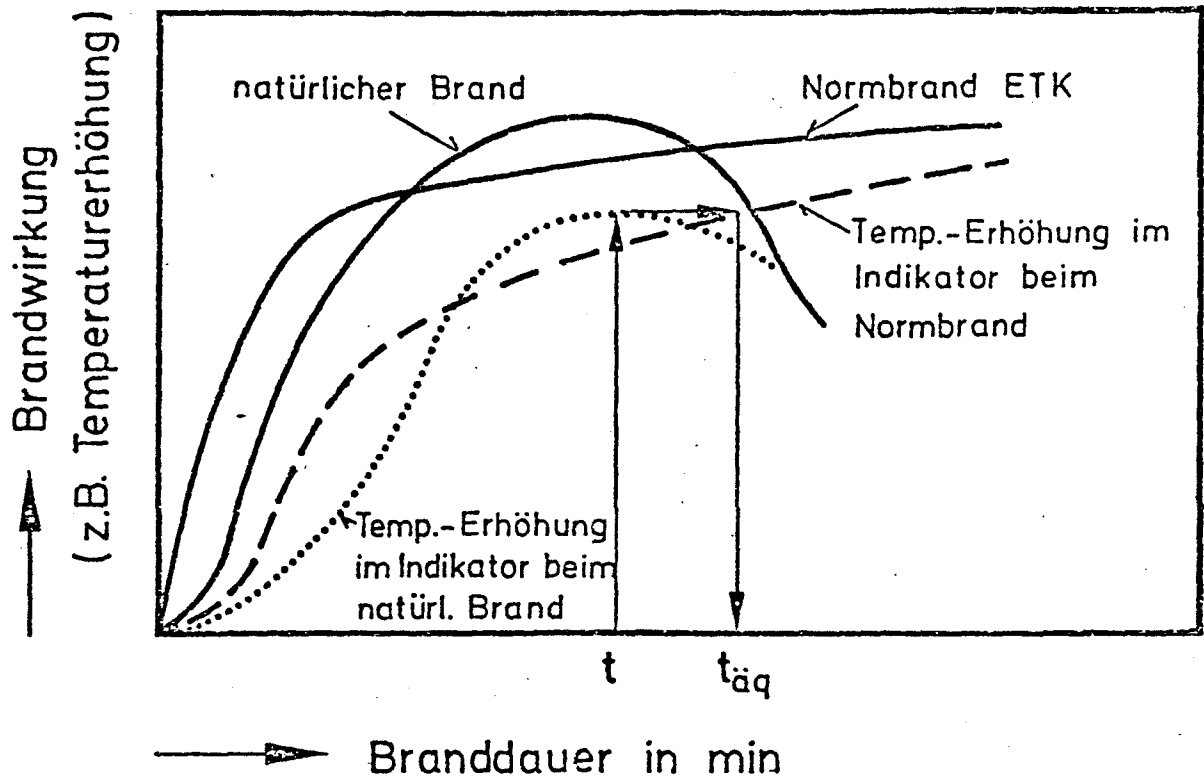


Bild 5: Bestimmung der äquivalenten Branddauer nach einem Temperaturkriterium im Indikatorbauteil

1.2. Problemstellung

Der nunmehr nach rd. 20jähriger Diskussion vorliegende Normentwurf DIN OO 18 230 "Baulicher Brandschutz im Industriebau", Gelbdruck 1978, lehnt sich an die beschriebene indirekte Bemessungsmethode an. Da über die Anwendbarkeit dieser Methode bisher jedoch nur wenig praktische Erfahrungen vorliegen und nicht jeder einzelne Rechenwert in der Norm wissenschaftlich exakt nachzuweisen ist, wurden in der Vergangenheit und werden auch heute noch gegen dieses Verfahren allgemeine Bedenken erhoben. Es ist nicht Gegenstand dieses Berichts, die Stichhaltigkeit solcher Bedenken zu überprüfen oder gar einzelne Faktoren in der Normvorlage zu bewerten. Vielmehr geht es darum zu zeigen, ob die bisher durch intensive Forschungen [6 bis 10] und Verhandlungen erzielten Normungsergebnisse zu einem Bemessungssystem geführt haben, welches mit der gegenwärtig bauaufsichtlich geübten Praxis hinsichtlich der Anforderungen im Industriebau in etwa übereinstimmt und somit alle Beteiligten von einem im großen und ganzen unveränderten Sicherheitsniveau ausgehen können.

Um dieses Ziel zu erreichen, wurde Anfang der siebziger Jahre vorgeschlagen, eine möglichst große Anzahl bestehender Industriegebäude brandschutztechnisch zu untersuchen. Dabei sollten die in den einzelnen Industriebauwerken gegenwärtig realisierten baulichen und abwehrenden brandschutztechnischen Maßnahmen denjenigen Anforderungen gegenübergestellt werden, die sich beispielsweise bei einer Nachrechnung dieser Gebäude nach DIN OO 18 230 ergeben. Dieser Vorschlag wurde von allen Beteiligten allgemein begrüßt. Das Institut für Bautechnik, Berlin, hat die finanzielle Förderung dieses Vorhabens übernommen.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden vom Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau der Technischen Universität Braunschweig bisher 33 Industrieobjekte brandschutztechnisch untersucht. Dazu war es erforderlich, zunächst den Istzustand der Gebäude aufzunehmen, d. h. es mußten alle tragenden und nichttragenden Bauteile einschließlich der Abschlüsse in jedem Bauwerk festgehalten und gemäß DIN 4102 Teil 2 beurteilt werden. Die Beurteilung erfolgte i. a. nach DIN 4102 Teil 4. In Ausnahmefällen wurde sie anhand vorliegender Versuchserfahrungen von einem in der amtlichen Materialprüfung tätigen Prüfsingenieur vorgenommen.

Daneben waren die brandschutztechnischen Parameter der einzelnen Gebäude bzw. Brandabschnitte zu ermitteln, um eine entsprechende Nachrechnung nach DIN OO 18 230 durchführen zu können. Dieser Teil der Untersuchung umfaßt z. B.

- die Bestimmung der Brandlasten,
- die Beurteilung der Ventilation,
- die Festlegung der m-Faktoren,
- die Festlegung der Kombinationsbeiwerte und
- die Festlegung der Sicherheitsfaktoren.

Bei der Erfassung der brandschutztechnischen Parameter waren selbstverständlich auch alle abwehrenden Brandschutzmaßnahmen, z. B. automatische Löscheinrichtungen und Werksfeuerwehren, zu berücksichtigen. Derartige Maßnahmen werden in der Normvorlage u. a. bei der Festlegung der Sicherheitsfaktoren honoriert.

Aufgrund der so ermittelten Daten waren für jedes Objekt die erforderlichen Feuerwiderstandsdauern der Bauteile nach DIN 00 18 230 zu bestimmen. Im Anschluß daran waren die rechnerisch ermittelten Werte den an den Bauwerken tatsächlich ausgeführten Feuerwiderstandsdauern gegenüberzustellen, und es war zu prüfen, ob die Ergebnisse der Berechnung den derzeit üblichen Sicherheitstheoretischen Erfordernissen entsprechen.

2. Voruntersuchungen

2.1. Organisatorische Fragen

Bei der Durchführung des Forschungsauftrages ergaben sich erhebliche organisatorische Schwierigkeiten. Die ursprüngliche Absicht, die notwendigen Daten und Unterlagen von Industriefirmen über Verbände und Sachverständige zu beschaffen, mußte fallengelassen werden. Durchweg war zwar eine große Bereitschaft z. B. der angesprochenen Verbände und Sachverständigen erkennbar, bei dem Vorhaben mitzuarbeiten; brauchbare Unterlagen standen im allgemeinen jedoch nicht zur Verfügung. Die speziell an den Deutschen Stahlbauverband in diesem Zusammenhang gerichteten Anfragen sind bis heute allerdings unbeantwortet geblieben. Immerhin wurden von den Verbänden der Beton- und auch der Holzindustrie umfangreiche Listen über einzelne Betriebe zusammengestellt, die in diesem Zusammenhang möglicherweise untersucht werden sollten, so daß sich erste konkrete Ansätze für die Durchführung der Untersuchungen ergaben. Weitere Hinweise und Adressen wurden von den Mitgliedern der diesem Vorhaben beigeordneten Betreuungsgruppe zur Verfügung gestellt.

Allen an diesem Vorhaben aktiv Beteiligten sei an dieser Stelle für die geleistete Unterstützung - ganz gleich, welcher Art - ausdrücklich gedankt. Stellvertretend für viele andere sei hier die Braunschweiger Berufsfeuerwehr genannt, die bei der Beschaffung von Informationen über Industriebetriebe im Braunschweiger Raum entscheidend mitgewirkt hat.

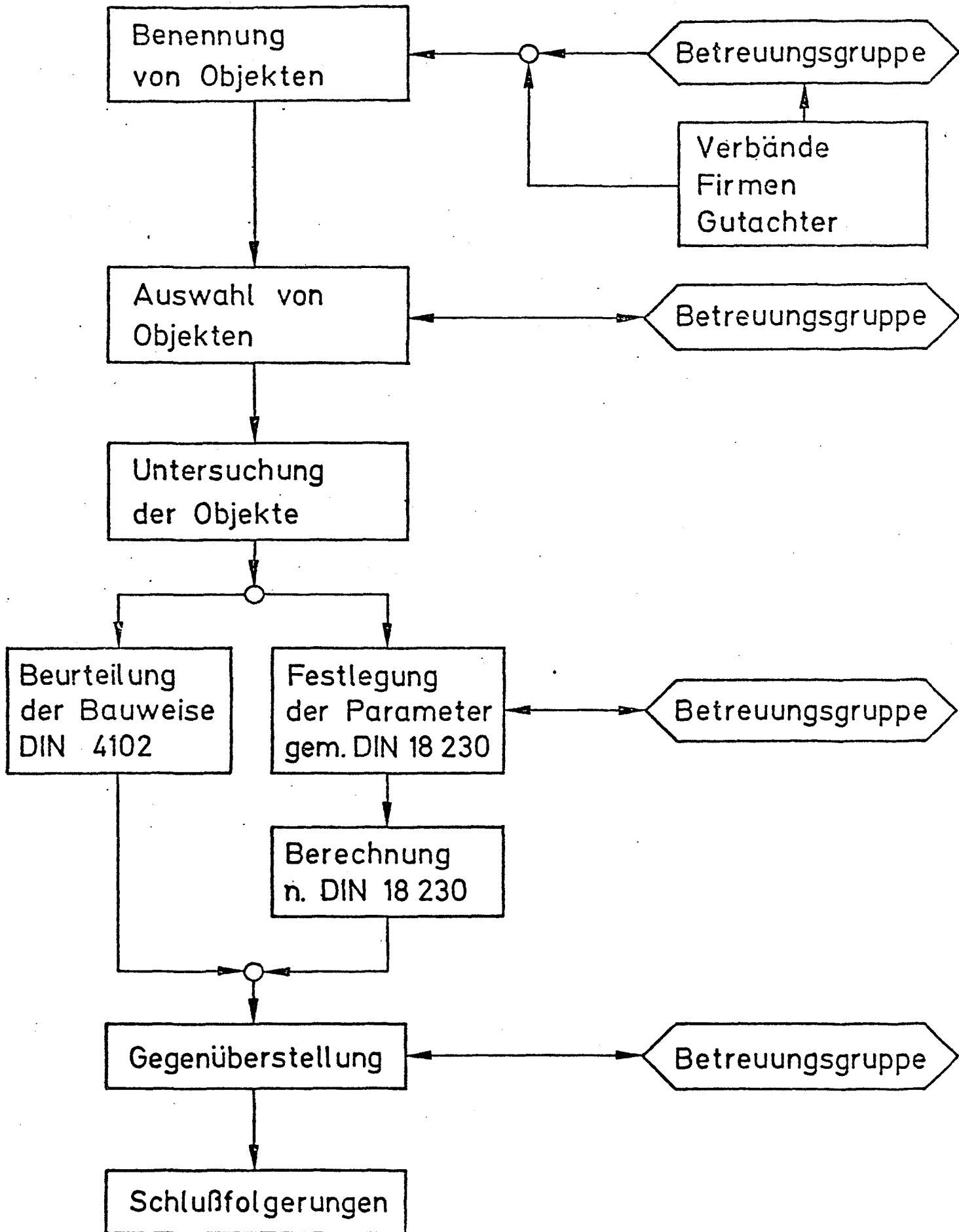


Bild 6: Organisationsplan zum Forschungsvorhaben "Baulicher Brandschutz im Industriebau"

Die teilweise negativen Erfahrungen bei der Beschaffung von Unterlagen über brandschutztechnisch wichtige Parameter in bestehenden Industriegebäuden gaben Veranlassung, das gesamte Forschungsvorhaben anders als ursprünglich geplant zu organisieren. Dazu wurde der auf Bild 6 gezeigte Organisationsplan aufgestellt. Daraus gehen die einzelnen Bearbeitungsschritte, insbesondere jedoch auch die Mitwirkung der Betreuungsgruppe bei diesem Vorhaben, hervor. Im großen und ganzen hat sich dieser Plan bei der Durchführung der Forschungsarbeit bewährt.

2.2. Auswahl der Objekte

Anhand der aus verschiedenen Quellen stammenden Listen wurde eine Vorauswahl über die zu untersuchenden Betriebe getroffen. Dabei wurden im wesentlichen die folgenden drei Gesichtspunkte berücksichtigt:

- die Größe der zu erwartenden Brandabschnitte,
- die Nutzung der Gebäude und die Höhe der Brandlasten und
- die Geschoszahl der Gebäude.

Es war von vornherein klar, daß im Rahmen dieser Untersuchung vor allem Betriebe mit überwiegend großen Brandabschnitten (1000 m^2 bis 10.000 m^2) untersucht werden mußten. Brandabschnitte unter 1000 m^2 sind für Industriebetriebe bereits als "klein" zu bezeichnen und daher voraussichtlich wenig repräsentativ. Die daraus resultierende Mehrarbeit z. B. bei der Aufnahme der Brandlasten wurde bewußt in Kauf genommen, weil so im Mittel mit aussagefähigeren Ergebnissen zu rechnen war.

Da über die Brandlasten in den einzelnen Industriebetrieben vorab im allgemeinen keine Werte zu bekommen waren, wurden die Objekte so gewählt, daß sich eine möglichst weite Palette der Gebäudenutzung ergab. Allerdings war es aus terminlichen und finanziellen Gründen erforderlich, die Anzahl der weit von Braunschweig entfernt liegenden Betriebe zu beschränken, so daß etwa die Hälfte der Objekte dem erweiterten Braunschweiger Industriebereich zugeordnet werden muß. Insbesondere ist die Schwerindustrie in dieser Unter-

suchung nicht vertreten. Genauere Angaben hinsichtlich der erfaßten unterschiedlichen Produktionsarten sind in Abschnitt 4.1 und 4.4 zu finden.

Bezüglich der Geschößzahl wurde die Auswahl so getroffen, daß mindestens die Hälfte aller Objekte zwei- bzw. mehrgeschossig war. In einigen Fällen wurden jedoch nicht sämtliche Geschosse des jeweiligen Bauwerks untersucht, sondern nur die von der Nutzung her gesehen als wesentlich und interessant erachteten Geschosse bzw. Brandabschnitte.

Insgesamt wurden mehr als 40 Objekte in Angriff genommen. Davon sind jedoch nur rd. 80 % als auswertungsfähig übriggeblieben. Der relativ große "Schwund" läßt sich vor allem durch organisatorische und technische Schwierigkeiten erklären. In einigen Fällen war es einfach nicht möglich, die begonnenen Untersuchungen sachlich korrekt zu Ende zu führen. Häufig ergaben sich Probleme bei der genauen Bestimmung der Brandlasten, aber auch betriebsinterne Gründe - z. B. Aufenthaltsverbote in bestimmten Bereichen - haben manchmal zum Abbruch der Untersuchungen geführt. In keinem Fall wurden solche Daten in die Auswertung einbezogen, die nicht vollständig und somit auch nachprüfbar sind.

3. Brandschutztechnische Untersuchungen

3.1. Allgemeines

Die Untersuchung der ausgewählten Industrieobjekte erfolgte im allgemeinen in Form einer Begehung. Dazu war es erforderlich, mit den Betriebsleitern und Sicherheitsbeauftragten der Betriebe vorab Zeit und Ort einer solchen Begehung festzulegen, weil es aus betrieblichen und Sicherheitsgründen im allgemeinen nicht möglich war, sich ohne ortskundige Begleitung in den großen Brandabschnitten zurechtzufinden.

An der Begehung waren durchweg ein bis zwei Mitarbeiter (Prüfingenieure) des Instituts beteiligt. Für ein Objekt wurden je nach Größe des Brandabschnitts 2 bis 5 Tage allein zur Brandlasterfassung angesetzt. Nur in Ausnahmefällen wurde dabei auf vorhandene Lagerlisten oder -karteien zurückgegriffen.

Im allgemeinen wurden sämtliche Brandlasten gemessen, gewogen und katalogisiert. Die im folgenden angegebenen Werte können daher durchweg als sehr zuverlässig angesehen werden. Ihre Streuung dürfte etwa bei 10 % liegen.

Bei der Bewertung der Ergebnisse ist allerdings grundsätzlich zu beachten, daß die Begehung gewissermaßen nur eine Momentaufnahme des untersuchten Produktionsbetriebes dargestellt und somit betriebsbedingte Produktionsschwankungen und damit zusammenhängende langfristig auftretende Schwankungen in den Lagerbeständen o. ä. nicht erfaßt werden. Sofern in den folgenden Abschnitten nichts anderes gesagt ist, kann davon ausgegangen werden, daß die untersuchten Betriebe "normal" produziert haben. Betriebe mit einer Kapazitätsauslastung < 70 % wurden nicht untersucht. Diese Angabe kann naturgemäß nur mit einer gewissen Zurückhaltung gemacht werden, da sie sich im wesentlichen auf bestimmte Gespräche, die am Rande der Untersuchungen geführt wurden, stützt.

Neben der Brandlasterfassung wurden die baulichen und abwehrenden Brandschutzmaßnahmen untersucht. Die Bauteile wurden "vor Ort" und anhand der zur Verfügung stehenden Konstruktionspläne begutachtet und klassifiziert. Schwierigkeiten ergaben sich dabei kaum, lediglich bei den betriebsnotwendigen Durchbrüchen und Abschlüssen waren häufig nicht beurteilungsfähige Konstruktionen zu finden. Bei älteren Betrieben lagen manchmal keine brauchbaren Konstruktionspläne vor.

Die abwehrenden Brandschutzmaßnahmen wurden anhand der in den Betrieben vorliegenden Alarmpläne studiert. Hierbei ergaben sich die geringsten Schwierigkeiten, weil im allgemeinen sachkundige Sicherheitsingenieure angesprochen werden konnten und durchweg auch gute Unterlagen zur Verfügung standen. In diesem Bereich war übrigens der Einfluß der in den jeweiligen Industriegebieten verantwortlich tätigen öffentlichen Feuerwehren bereits deutlich spürbar.

Die abschließende Auswertung jedes einzelnen Objektes nahm nochmals 5 bis 7 Arbeitstage in Anspruch. Aufgrund der vorliegenden Erfahrungen muß davon ausgegangen werden, daß bei brandschutztechnischen Untersuchungen dieser Art für größere Brandabschnitte zwischen 50 und 100 Arbeitsstunden aufzuwenden sind, um die notwendigen Daten für Vergleichsrechnungen zu gewinnen. Daran

erkennt man, daß ein vergleichsweise hoher Aufwand erforderlich ist, bevor man zu repräsentativen und statistisch auswertbaren Ergebnissen gelangt.

3.2. Ermittlung der baulichen Parameter

Unter baulichen Parametern werden im folgenden alle diejenigen Daten und Werte verstanden, die mit der jeweiligen Gebäudeart und -nutzung in Verbindung stehen. Sie wurden während der Begehung der Objekte, teilweise jedoch auch anhand von Konstruktionsplänen, ermittelt. Insbesondere gehören dazu

- die Gebäudeart, -größe und Geschoßzahl,
- die Gebäudenutzung und -funktion,
- die konstruktive Ausbildung einschließlich Ausbau und
- die Größe des Gebäudes (Grundriß).

Die in diesem Zusammenhang gefundenen Daten sind jeweils auf den Blättern Nr. 1 und Nr. 2 des bei der Auswertung für jeden Brandabschnitt benutzten Formblattsatzes angegeben.⁺⁾ Aus Gründen der Übersicht sind die Konstruktionspläne nicht beigelegt. Sie können bei Bedarf jedoch eingesehen werden.

Besonders wichtig ist in diesem Fall die Beschreibung der Gebäudekonstruktion, weil daraus letztlich die Klassifizierung der Einzelbauteile gemäß DIN 4102 Teil 2, Ausgabe 1977, erfolgte. Auf Blatt Nr. 8 der Formblätter sind die gefundenen Klassifizierungen zusammengefaßt. In Anlehnung an DIN OO 18 230 wird zwischen tragenden Einzelbauteilen (SK_B4 , SK_B3 , SK_B2), nichttragenden bzw. Sonderbauteilen (SK_B1) und abgrenzenden Bauteilen (SK_B1) unterschieden. Diese Einteilung ist insofern zweckmäßig, weil der so erhaltene "Istzustand" direkt mit den Rechenwerten nach DIN OO 18 230 zu vergleichen ist.

3.3. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

Die während der Begehung ermittelten brandschutztechnischen Parameter sind für jedes Objekt auf den Formblättern Nr. 3, Nr. 4 und Nr. 5 angegeben.⁺⁾ Dazu gehören im einzelnen:

⁺⁾ vergl. Anhang zum Forschungsbericht, Abschnitt A 5.

- die Größe des Brandabschnittes,
- die anrechenbaren Wärmeabzugsflächen, einschließlich der Rauch- und Wärmeabzugseinrichtungen,
- die Löschwasserverhältnisse und Löscheinrichtungen,
- Flucht- und Rettungswege,
- Anzahl der geschlossenen Systeme und
- die Brandlast und deren Verteilung im Brandabschnitt.

Bei der Festlegung der Brandabschnitte ergaben sich manchmal Probleme, weil die Brandwände und deren Abschlüsse häufig nicht dem gegenwärtigen Stand der Technik entsprachen. In solchen Fällen wurde im allgemeinen darauf verzichtet, die baulichen Maßnahmen überzubewerten; d. h. wenn eine Wand als Brandabschnittsgrenze angegeben war, so wurde diese theoretische Grenze in der Untersuchung beibehalten, selbst wenn keine Feuerschutztüren o. ä. vorhanden waren. Bei der Bewertung der Bauteile gemäß Blatt 8 wurde das Fehlen von Abschlüssen u. a. selbstverständlich berücksichtigt.

Die anrechenbaren Wärmeabzugsflächen wurden gemäß Normvorlage ermittelt. In vielen Industriegebäuden waren die Öffnungen mit Drahtglas verschlossen, so daß sich auch bei großen Fensterflächen relativ ungünstige Rauch- und Wärmeabzugsverhältnisse ergaben. Das Vorhandensein von Drahtverglasungen ist auf Blatt Nr. 3 unter Pkt. 2.2 deshalb gesondert angegeben. Alle Türöffnungen und Durchfahrten (z. B. Rolltore) wurden übrigens als Öffnungen gerechnet, weil man sicherlich davon ausgehen kann, daß diese im Brandfall bei Bedarf geöffnet werden können und somit einer manuellen Rauchabzugsklappe vergleichbar sind (allerdings in umgekehrter Funktion → Luftzufuhr). Dachöffnungen wurden gemäß den für k_f im Normblatt entwickelten Vorstellungen bewertet.

Die Feuerlöscheinrichtungen und -anlagen wurden nur so weit untersucht, wie es im Rahmen der DIN OO 18 230 erforderlich ist. Es wurden beispielsweise keine Betrachtungen darüber angestellt, ob die Anzahl der vorhandenen Hydranten ausreicht oder ob im Brandfall der anrückenden Feuerwehr eine ausreichende Entwicklungsfläche zur Verfügung steht. Diese Fragen sind nicht Gegenstand der Normung und werden an anderer Stelle geregelt (z. B. Industriebauverordnung).

Die schwierigste Aufgabe bestand in der Erfassung der Brandlasten in den Gebäuden. Wie bereits erwähnt, wurden diese Werte überwiegend von Hand, z. B. durch Messen und Wiegen, bestimmt. Lagerkarteien sind dagegen nur in Sonderfällen benutzt worden. Es wurde festgestellt, daß vor allem das Fehlen der Verpackungsmaterialien in den Karteien zu erheblichen Fehlern bei der Brandlastermittlung führen kann. Weitere Schwierigkeiten traten häufig durch die Vielzahl der verschiedenen brennbaren Artikel in einem Brandabschnitt auf. Dazu gehören u. a. auch die bei Montagearbeiten unabwendbar notwendigen Hilfsmittel, z. B. Fette, Öle, Putzwolle, Kabelschnüre, Verpackungsmaterialien und anderes mehr.

In einigen Fällen war aber nicht nur die Erfassung der Brandlasten schwierig, sondern die den einzelnen Materialien zuzuordnenden Heizwerte waren ebenfalls nicht bekannt. Die in DIN OO 18 230 Teil 2 diesbezüglich vorliegenden Angaben reichen bei weitem nicht aus, um die in der Praxis vorkommenden Fälle abzudecken. Das neben den Heizwerten zusätzlich auch die m-Faktoren bekannt sein müssen, macht die Bearbeitung darüber hinaus noch schwieriger. Soweit in den vorliegenden Fällen die m-Faktoren nicht bekannt waren, wurden diese anhand der zwischenzeitlich gewonnenen Erfahrungen geschätzt. Auf Blatt Nr. 5 des Formblattsatzes sind die jeweils ermittelten, unbewerteten und bewerteten Brandlasten angegeben. Bei der Bewertung der Brandlasten sind neben den m-Faktoren auch die Kombinationsbeiwerte für geschlossene Systeme berücksichtigt. Sofern die m-Faktoren nicht nach DIN OO 18 230 Teil 2 bestimmt sind, ist dies in der Auswertung vermerkt.

3.4. Ermittlung der brandschutztechnischen Bewertungsfaktoren nach DIN OO 18 230 Teil 1

Die Auswertung der Untersuchungsergebnisse erfolgte auf den Formblättern Nr. 6a bzw. Nr. 6b. Die dazu erforderlichen Faktoren sind den Tabellen 2, 3, 4, 5 und 6 der Normvorlage entnommen. Als Ergebnis sind die äquivalente Branddauer und die erforderliche Feuerwiderstandsdauer der Einzelbauteile unter Zugrundelegung verschiedener Brandsicherheitsklassen angegeben. Auf Blatt Nr. 7 sind die ermittelten Werte jeweils zusammengestellt. Diese Werte können den Angaben auf Blatt Nr. 8 (vorhandene, ausgeführte Konstruktion) direkt gegenübergestellt werden.

Soweit es erforderlich war, wurde in Teilbereichen mit sehr hohen Brandlasten die in der Norm vorgesehene Teilberechnung durchgeführt. Die dazu erforderlichen Angaben sind auf dem Blatt Nr. 6b enthalten. Insgesamt wurden 5 Teilflächenberechnungen durchgeführt. Die übrige Berechnung und Auswertung erfolgte wie vordem beschrieben.

4. Untersuchungsergebnisse

4.1. Allgemeine Ergebnisse und statistische Auswertungen

Die gesamten Untersuchungsergebnisse sind in dem zu diesem Bericht gehörigen Anhang zusammengestellt. Für jedes Objekt (Brandabschnitt) wurde jeweils ein Formblattsatz (Blatt Nr. 1 bis 8) ausgefüllt und ausgewertet. Dieses erwies sich als sehr vorteilhaft und praktikabel, weil so die Möglichkeit gegeben war, in den einzelnen Betrieben nur die interessantesten Teilbereiche zu untersuchen. In einigen Fällen wurde diese Vorgehensweise auch deshalb gewählt, um eine Mehrfachuntersuchung etwa vergleichbarer Brandabschnitte zu vermeiden und um eine möglichst große Anzahl unterschiedlich genutzter Objekte zu erfassen.

Insgesamt wurden 33 Objekte ausgewertet. Die gesamte untersuchte Brandabschnittsfläche umfaßt 142.462 m^2 . In Tabelle 1 sind alle Objekte einzeln aufgeführt. Neben der Größe der untersuchten Flächen ist die jeweilige Nutzungs- bzw. Produktionsart angegeben, so daß man sich einen ungefähren Überblick über die untersuchten Industriebetriebe verschaffen kann. Die einzelnen Brandabschnittsgrößen sind zunächst willkürlich in sieben Gruppen eingeteilt und auf Bild 7 dieses Berichts in Form eines Histogramms zusammengestellt. Man erkennt daran, daß die Mehrzahl der untersuchten Objekte Brandabschnitte von 1000 m^2 bis 5000 m^2 besitzt. Der arithmetische Mittelwert aus allen Brandabschnitten ergibt sich übrigens zu 4317 m^2 .

Einen besseren Überblick erhält man durch Bild 8. Eine halblogarithmische Darstellung der Summenhäufigkeit der Brandabschnittsgrößen deutet darauf hin, daß die untersuchten Industriegebäude vermutlich einer logarithmischen

T a b e l l e 1

Zusammenstellung der untersuchten Objekte

Code-Nr.	Brand- abschnitts- größe (m ²)	Nutzung	Gruppe
09/11/025	22.612	Büromaschinentechnik u. Elektronikfertig.	VII
07/52/016	15.273	Mechanische Fertigung u. Elektrogerätebau	VI
02/62/003	11.859	Tufting-Fertigung	
12/22/033	10.000	Auto-Ersatzteillager	
07/51/015	9.267	Lager u. Versand f. Elektrotechnik	V
03/53/006	8.360	Montagehalle f. Musikinstrumente	
02/61/002	7.882	Teppichlagerhalle	
05/44/013	5.875	Montage f. Bauteile d. Unterhaltungselek-	
08/55/024	5.196	Hochregallager /tronik	
04/11/009	4.556	Polypropylen-Fertigungsanlage	IV
05/43/012	4.147	Montage für Lautsprecher-Boxen	
03/51/004	3.473	Holzbearbeitung	
05/42/011	3.360	Holzbearbeitung	
10/11/026	2.394	Fertigungshalle f. Zuckerveredelung	
03/54/007	2.072	Montage von Musikinstrumenten	
08/54/023	2.040	Lagerhalle eines Verlags	
08/53/022	1.963	Buchdruckerei	III
08/52/021	1.573	Buchdruckerei	
08/51/020	1.573	Binderei eines Schulbuchverlags	
07/54/018	1.532	Büro u. Laboreinr. eines Elektroart.-Herst.	
07/55/019	1.532	Lehrwerkstatt " " "	
07/53/017	1.530	Lager f. Fertigungsmat. d. Elektrotechnik	
03/52/005	1.507	Lackiererei	
05/41/010	1.479	Oberflächenbearbeitung eines Lautsprecher- Boxen-Herst.	
11/51/027	1.264	Fertigungshalle d. Kunststoffverarbeitung (feste Kunststoffe)	II
11/52/028	1.240	Fertigungshalle d. Kunststoffverarbeitung (flüssige Kunststoffe)	
01/11/001	1.236	Getränkeauslieferungslager	
11/55/031	1.040	Lager d. kunststoffverarb. Industrie	
11/53/029	829	" " " "	
12/21/032	750	Reifenlager	
11/54/030	71	Harzlagerraum einer Kunststoffverarbeitg.	I
03/55/008	43	Lacklagerraum	
	142.462		

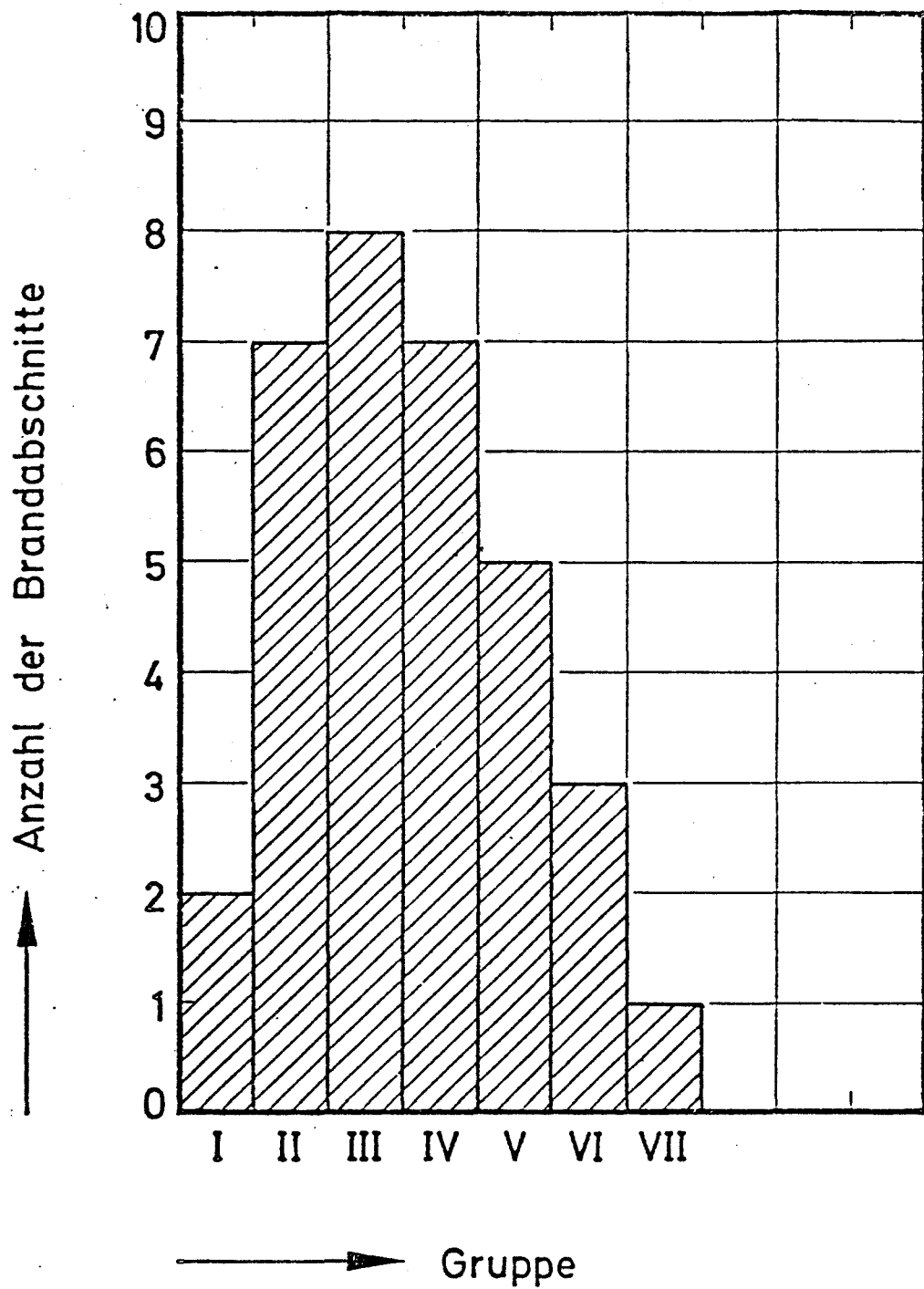


Bild 7: Histogramm der untersuchten Industrieobjekte

Normalverteilung unterliegen. Bild 9 bestätigt diese Vermutung. Abgesehen von einer kleinen Unregelmäßigkeit bei 1000 m^2 Brandabschnittsgröße, läßt sich die Verteilung der Brandabschnitte in Industriegebäuden im Wahrscheinlichkeitspapier annähernd durch eine Geradengleichung mit einem Zentralwert knapp unter 2500 m^2 wiedergeben. Dieser Wert entspricht übrigens genau dem in DIN 00 18 230 bei der Ermittlung der Sicherheitsfaktoren zugrunde gelegten ideellen Bezugswert der Brandabschnittsgrößen für einschossige Industriegebäude.

Es soll hier keinesfalls unterstellt werden, daß die hier angegebenen Häufigkeitsverteilungen für den gesamten Industriebau repräsentativ sind. Es besteht jedoch Grund zu der Annahme, daß auch wesentlich umfangreichere Untersuchungen die hier vorgelegten Ergebnisse nicht grundlegend ändern würden. Insbesondere die festgestellte Unregelmäßigkeit der Verteilungsfunktion zwischen 1000 m^2 und 2000 m^2 zeigt, daß sich der in vielen Bauordnungen verankerte Wert von 1600 m^2 hier bemerkbar macht. Andererseits deutet der festgestellte Zentralwert von knapp 2.500 m^2 darauf hin, daß im Industriebau eine klare Tendenz in Richtung größerer Brandabschnitte als 1600 m^2 besteht.

Neben den Brandabschnittsgrößen wurden auch die Brandlastverteilungen untersucht. In Tabelle 2 sind alle Brandlasten nach den Objektnummern geordnet angegeben. Spalte 3 enthält die unbewerteten und Spalte 4 die mit "m" bewerteten Brandlasten. Es ist zu beachten, daß in Spalte 4 auch die Kombinationsbeiwerte eingerechnet sind. Da dies jedoch nur in insgesamt zwei Fällen erforderlich war, kann davon ausgegangen werden, daß die folgenden statistischen Überlegungen und Ergebnisse dadurch nur unwesentlich beeinflusst werden.

Der aus den unbewerteten Brandlasten gebildete arithmetische Mittelwert liegt bei 536 kWh/m^2 . Dieser Wert ist vergleichsweise hoch. Er entspricht einem Holzgleichwert von 115 kg/m^2 . Für die bewerteten Brandlasten ergibt sich ein Mittelwert von 233 kWh/m^2 . Pauschal läßt sich daraus ein über 33 Objekte gemittelter m-Faktor von 0,43 ermitteln, d. h. anhand dieser vereinfachten Betrachtungsweise ergibt sich eine deutliche Beeinflussung der Brandlasten durch den Bewertungsfaktor "m".

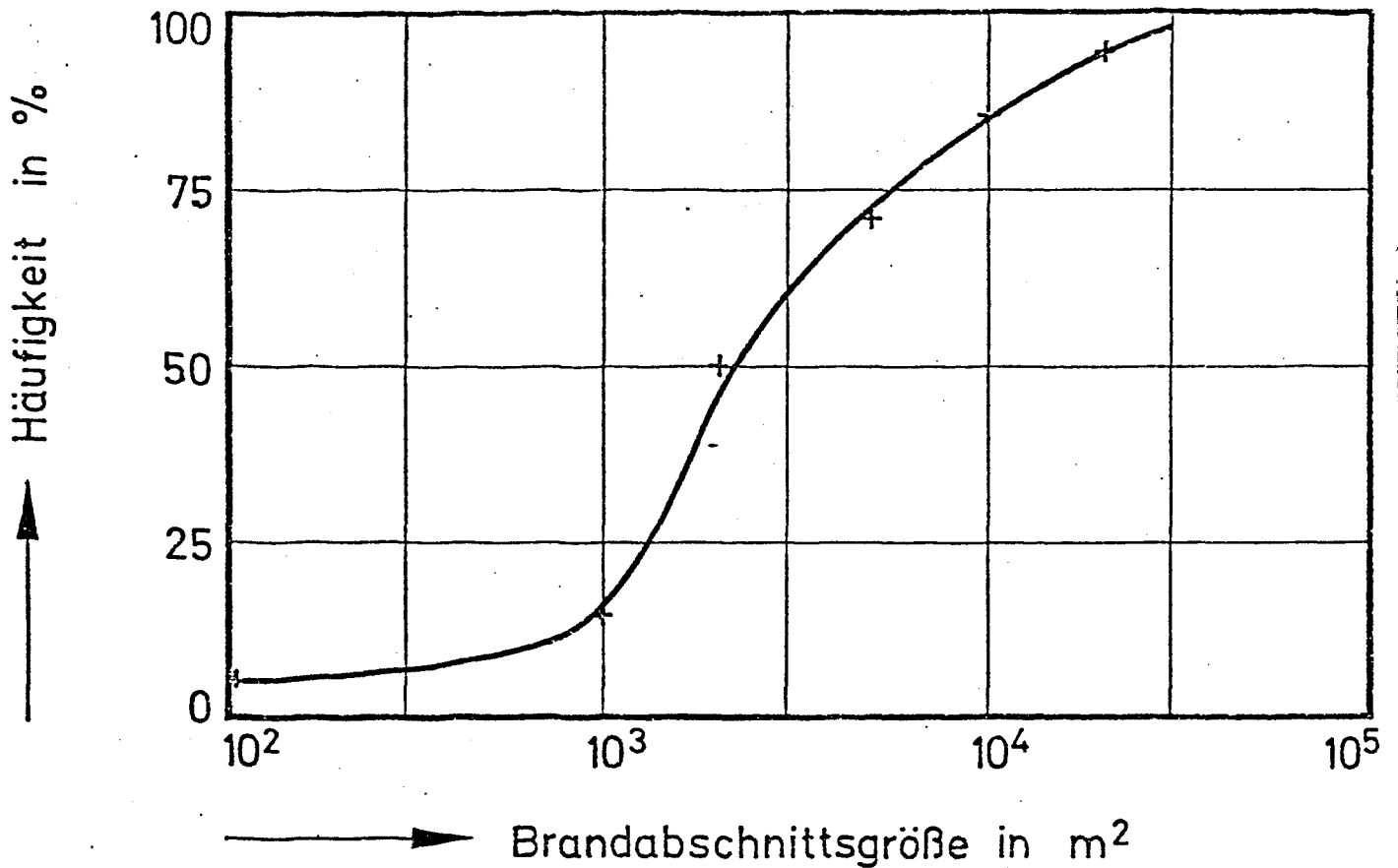


Bild 8: Verteilungsfunktion der untersuchten Brandabschnitte

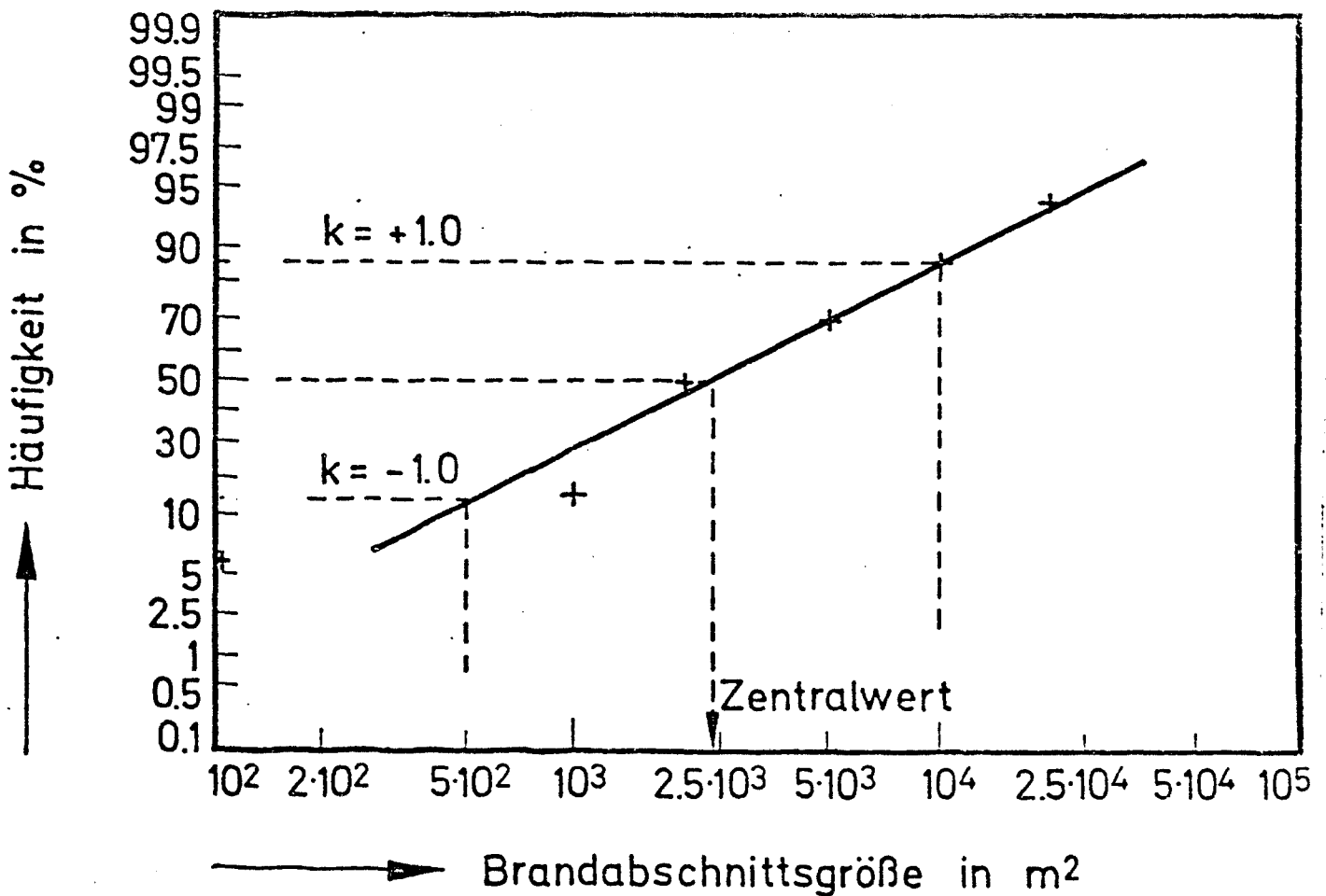


Bild 9: Häufigkeitsverteilung der Brandabschnittsgrößen im Industriebau

T a b e l l e 2

Bewertete und unbewertete Brandlasten der untersuchten Brandabschnitte

Code-Nummer	Fläche m ²	Brandlast (kWh/m ²) ohne "m"-Faktor	Brandlast (kWh/m ²) mit "m"-Faktor
01/110//1	1.236	319	150
02/61/002	7.882	483	323
02/62/003	11.859	357	273
03/51/004	3.473	212	170
03/52/005	1.507	55	45
03/53/006	8.360	88	71
03/54/007	2.072	97	77
03/55/008	43	1.189	1.547
04/11/009	4.556	2.112	275 +)
05/41/010	1.479	128	50
05/42/011	3.360	195	74
05/43/012	4.147	250	168
05/44/013	5.875	98	76
06/81/014	633	137	122
07/51/015	9.267	82	61
07/52/016	15.273	20	17
07/53/017	1.530	260	71
07/54/018	1.532	66	42
07/55/019	1.532	30	28
08/51/020	1.573	344	100
08/52/021	1.573	323	119
08/53/022	1.963	266	117
08/54/023	2.040	1.258	403
08/55/024	5.196	5.657	1.251
09/11/025	22.612	84	70
10/11/026	2.394	661	537
11/51/027	1.264	74	51
11/52/028	1.240	41	26
11/53/029	829	239	164
11/54/030	71	1.265	537 +)
11/55/031	1.040	111	34
12/21/032	750	1.062	531
12/22/033	10.000	127	101
Summe:	142.462	17.690 : 33 = 536	7.681 : 33 = 233

+) einschließlich der Kombinationsbeiwerte ψ_i

Auf den Bildern 10 und 11 ist eine statische Auswertung der unbewerteten Brandlasten vorgenommen. Bild 10 zeigt zunächst die Häufigkeitsverteilung der logarithmierten Brandlasten im linearen Maßstab. Nach der Verteilungsfunktion ergibt sich ein relativ starker Anstieg bei Brandlasten von 80 bis 150 kWh/m². Eine Auftragung im Wahrscheinlichkeitsnetz zeigt (Bild 11), daß etwa 50 % aller Brandlasten unter 200 kWh/m² liegen. Dieser Wert liegt bedeutend unter dem vordem diskutierten Mittelwert von 536 kWh/m², d. h. es gibt eine relativ kleine Anzahl von Industriegebäuden mit überdurchschnittlich hohen Brandlasten, die zu einer erheblichen Verzerrung der Verteilungsfunktion führen. Mit einer Normalverteilung lassen sich diese Verhältnisse naturgemäß nicht wiedergeben.

Die bewerteten Brandlasten sind auf den Bildern 12 und 13 zusammengestellt. Auch hier zeigt sich, daß eine logarithmische Normalverteilung vermutlich eherstens geeignet ist, die Brandlastverteilung zu beschreiben. Der Zentralwert ergibt sich entsprechend Bild 13 zu 120 kWh/m². Die 90 %-Fraktile liegt bei 500 kWh/m², die 95 %-Fraktile bei 720 kWh/m². Der aus den beiden Zentralwerten berechnete m-Faktor liegt übrigens bei 0,6, also deutlich höher als der vordem aus den Mittelwerten berechnete Wert.

Gemäß Abschnitt 6.2.1 von DIN OO 18 230 ist bei Brandabschnitten mit niedriger Brandlast eine Mindestbrandlast von 40 kWh/m² zugrunde zu legen. Dieser Wert wird gemäß Tabelle 2 in zwei Fällen deutlich unterschritten. In einem dritten Fall wurden 41 kWh/m² ermittelt. Die Wahrscheinlichkeitsfunktion von Bild 11 zeigt, daß in etwa 10 % aller Fälle von dieser Mindestbrandlast auszugehen ist. Inwieweit dies vom Normenausschuß beabsichtigt war, ist nicht bekannt. Die Annahme von 40 kWh/m² erscheint jedoch nicht als unrealistisch, eine Erniedrigung dieses Wertes ist allerdings vorstellbar.

4.2. Ausgeführte Feuerwiderstandsdauer der untersuchten Industriegebäude gemäß DIN 4102

Im folgenden wird die bauliche Ausbildung der 33 untersuchten Objekte einer allgemeinen statistischen Analyse unterzogen (Anhang A 5, jeweils Blatt Nr. 8). Wichtig ist zunächst die Feststellung, daß genau 2/3 der betrachteten Objekte

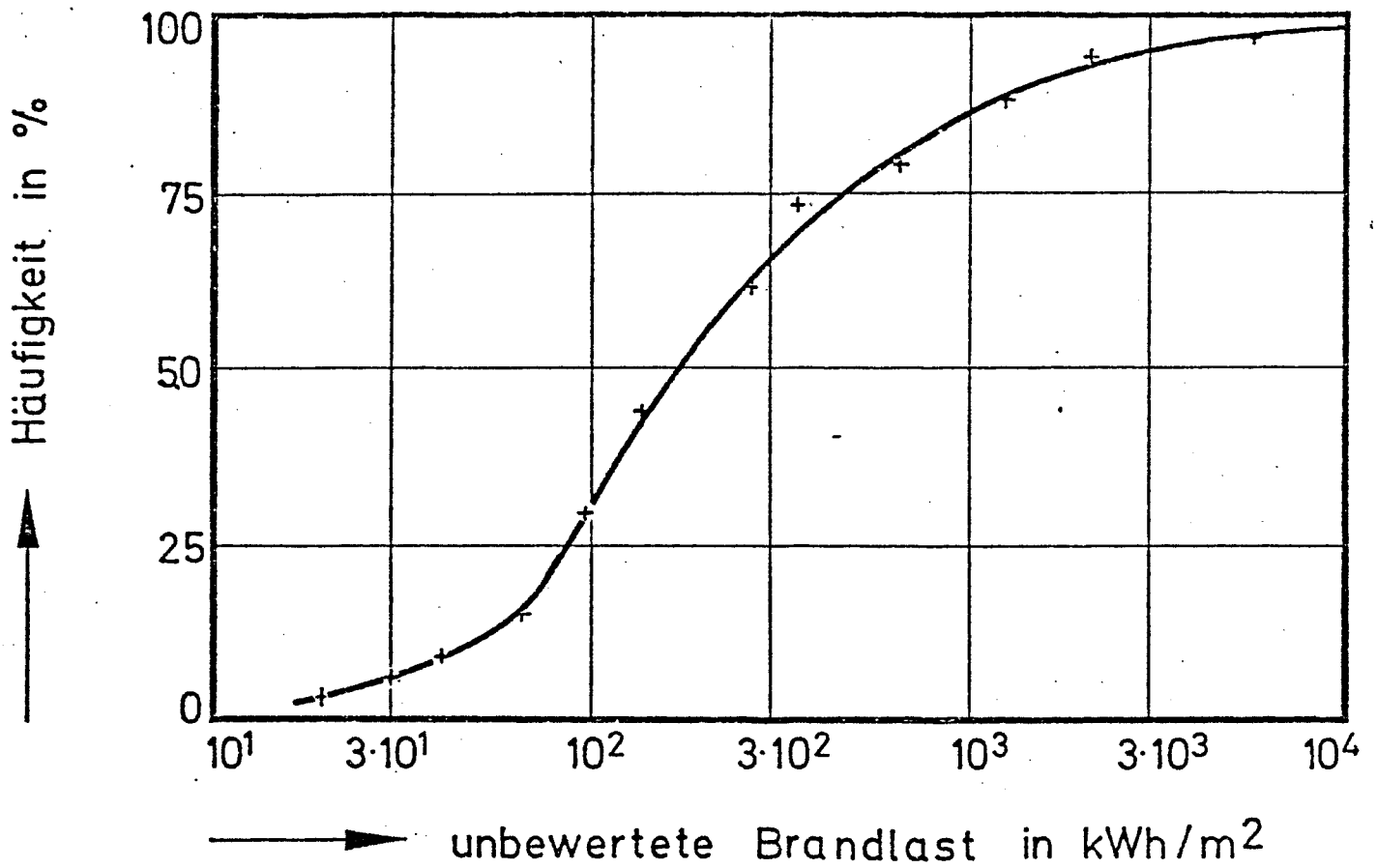


Bild 10: Verteilungsfunktion der ermittelten Brandlasten

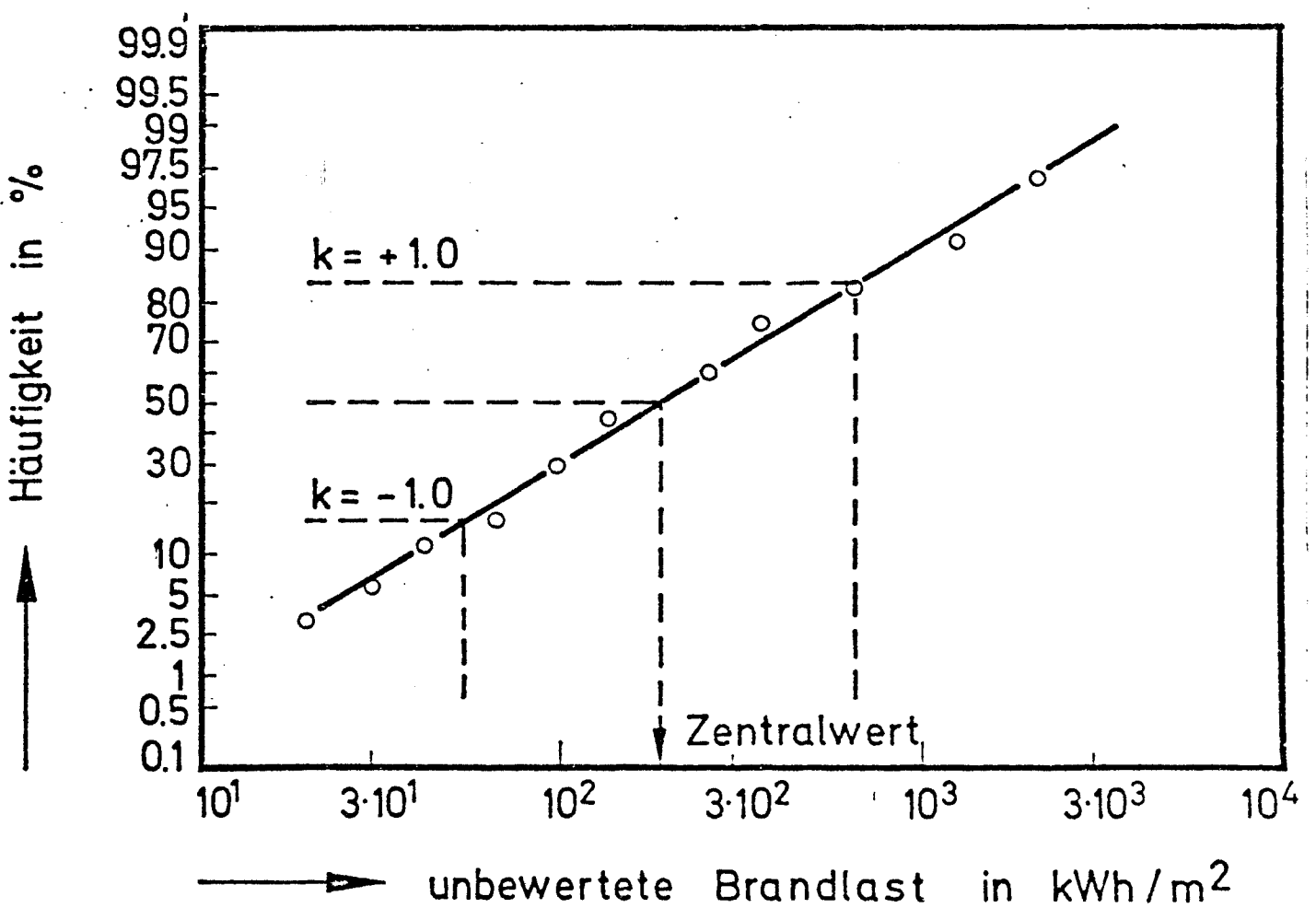


Bild 11: Häufigkeitsverteilung der Brandlasten im Industriebau

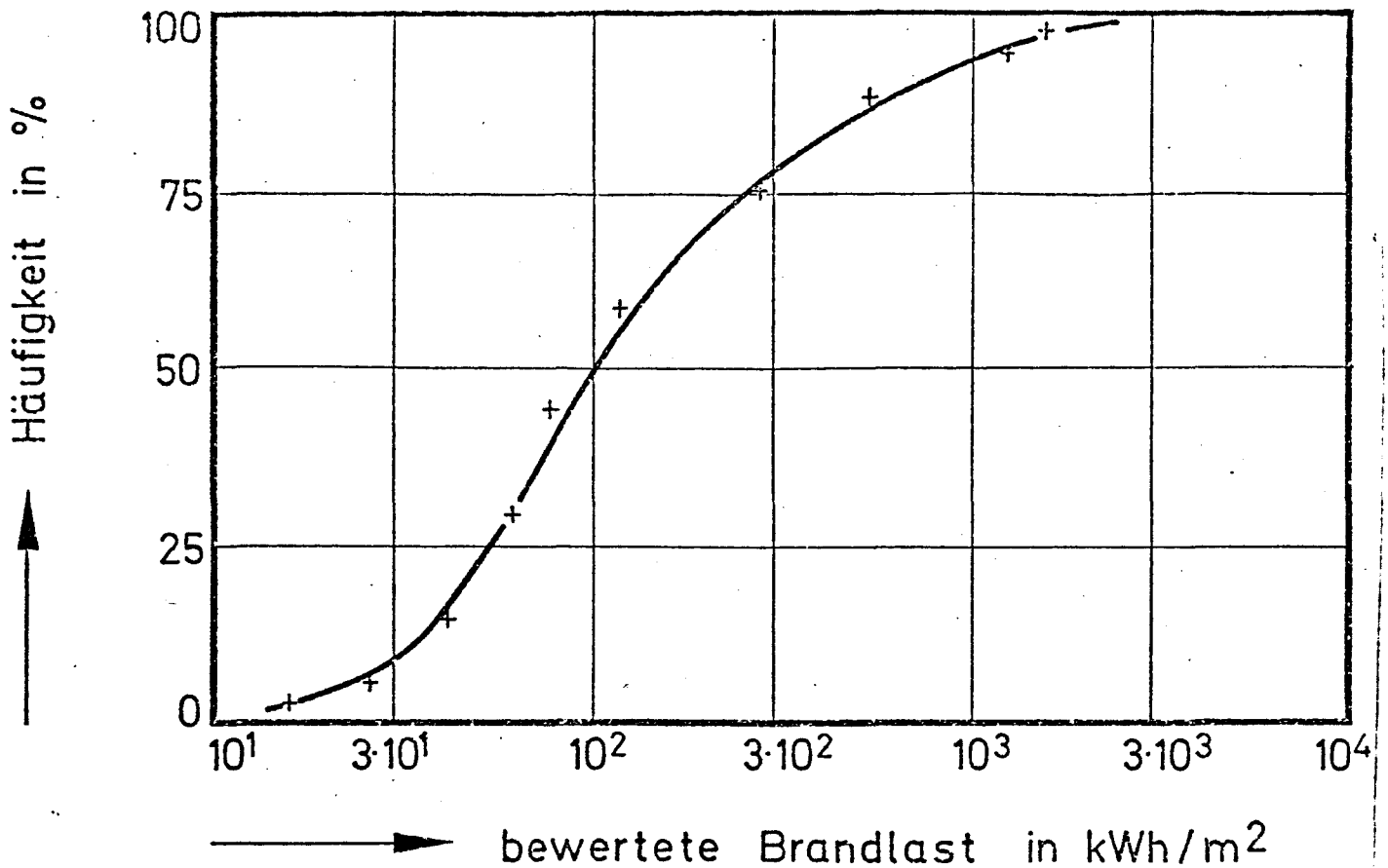


Bild 12: Verteilungsfunktion der ermittelten Brandlasten bei Berücksichtigung des m-Faktors

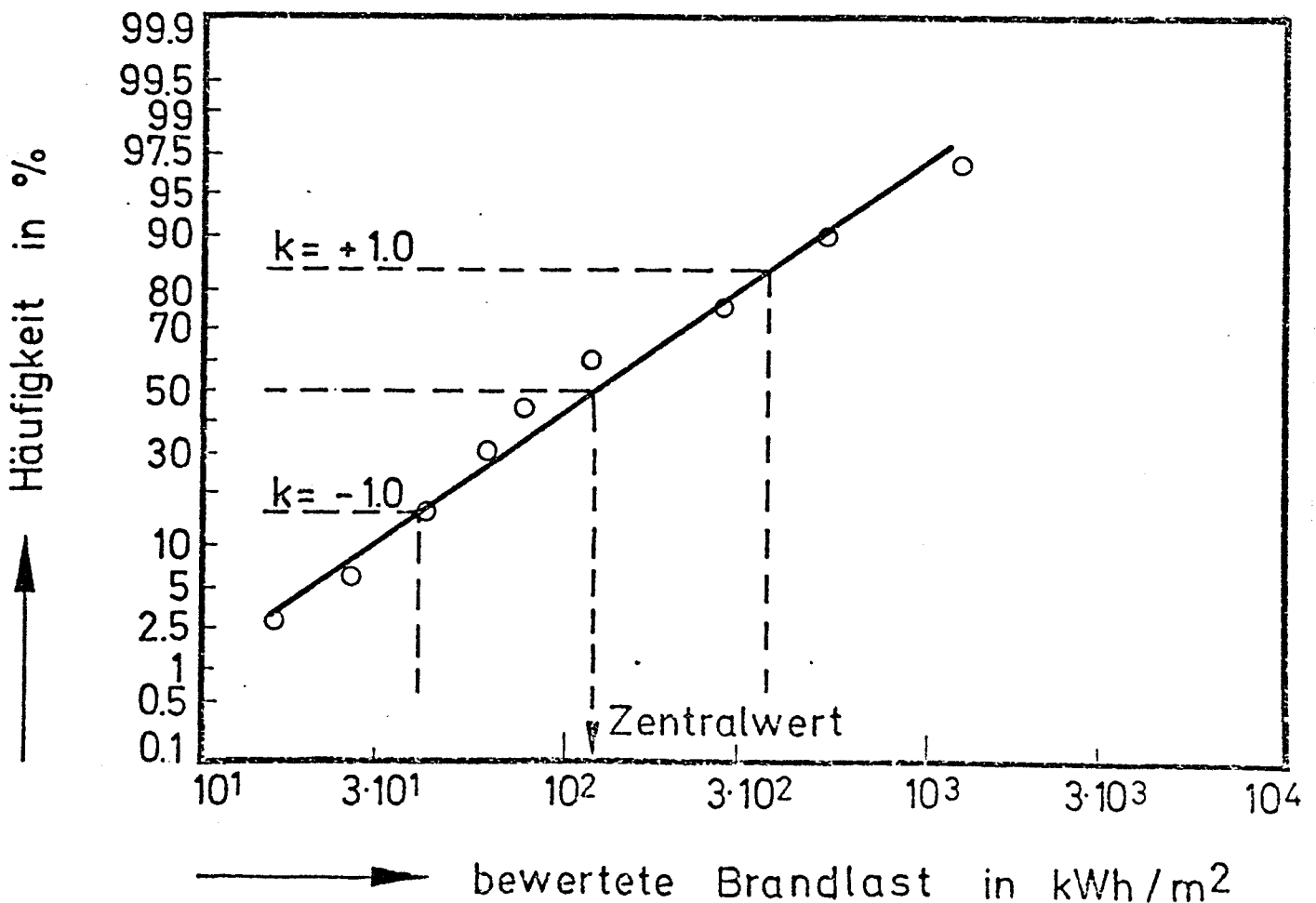


Bild 13: Häufigkeitsverteilung der Brandlasten in Industriegebäuden bei Berücksichtigung des m-Faktors

in Stahlbeton (+ Mauerwerk) errichtet sind. 10 Objekte sind in Stahl (+ ggf. Mauerwerk als Ausfachung) und eins in Holz ausgeführt. Die Stahlbetonbauweise überwiegt somit eindeutig in dieser Untersuchung und das, obwohl - oder gerade weil - knapp die Hälfte aller Objekte eingeschossig ist.

Auf Bild 14 ist die Häufigkeit der ausgeführten Bauweise in Abhängigkeit von der jeweils ausgeführten Brandschutzklasse dargestellt. Die Holzkonstruktionen sind allerdings nicht in diese Bewertung einbezogen, weil nur ein Objekt untersucht worden war ⁺⁾ . Es wird deutlich, daß die ausgeführten Stahlkonstruktionen im wesentlichen in der Brandschutzklasse I angesiedelt werden können, wohingegen die Stahlbetonkonstruktionen ab Brandschutzklasse III eindeutig vorherrschen. Mit zunehmender Brandgefahr - und die Brandschutzklasse ist sicherlich ein entsprechender Indikator - nimmt die Häufigkeit der Massivbauweise deutlich zu, ein Ergebnis, das durchaus unseren gegenwärtigen Erfahrungen entspricht, jedenfalls soweit wir uns auf den Industriebau im deutschen Raum beschränken. Interessant auch die Beobachtung, daß die Brandschutzklasse II nicht besetzt ist. Auf die gegenwärtige Situation bezogen bedeutet dies, daß reine "F 30"-Konstruktionen praktisch nicht existieren bzw. - da die Statistik sicherlich nicht vollständig ist - vermutlich vergleichsweise selten errichtet werden.

In diesem Zusammenhang soll auch die Frage untersucht werden, inwieweit die in DIN OO 18 230 Anhang 2 vorgesehenen zulässigen Brandabschnittsgrößen von den hier untersuchten Objekten eingehalten werden. Auf Bild 15 ist deshalb in Abhängigkeit von den Brandabschnittsgrößen die Häufigkeit der eingehaltenen bzw. nicht eingehaltenen zulässigen Brandabschnittsflächen A_{zul} angegeben. Man erkennt daran zunächst, daß sich die individuellen Häufigkeitspunkte relativ gut durch "glatte" Kurven wiedergeben lassen, ein Hinweis darauf, daß die gewählte Art der Darstellung durchaus sinnvoll und zweckmäßig ist. Weiterhin zeigt sich, daß in 60 % aller Fälle die nach Anhang 2 der Norm zulässigen Brandabschnittsflächen eingehalten sind. Immerhin 40 % der Gebäude liegen somit außer- bzw. oberhalb der Norm. Insbesondere im

⁺⁾ Dieses ist sicherlich keine Diskriminierung der Holzbauweise. Die Einbeziehung eines einzigen Objekts in statistische Überlegungen kann jedoch zu Verwirrungen und willkürlichen Spekulationen Anlaß geben, so daß die Fortlassung gerechtfertigt erschien.

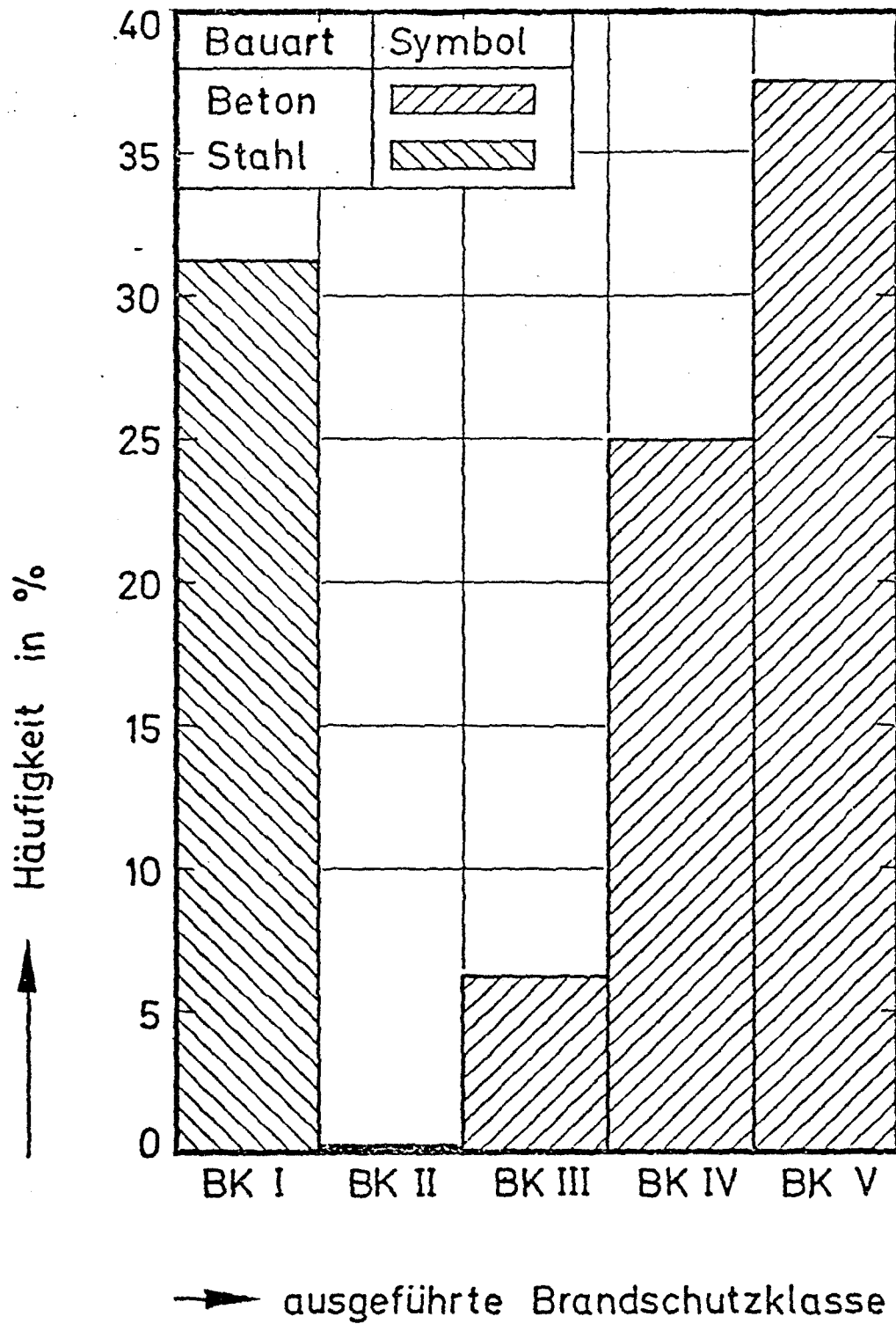


Bild 14: Häufigkeit unterschiedlicher Bauweisen im Industriebau

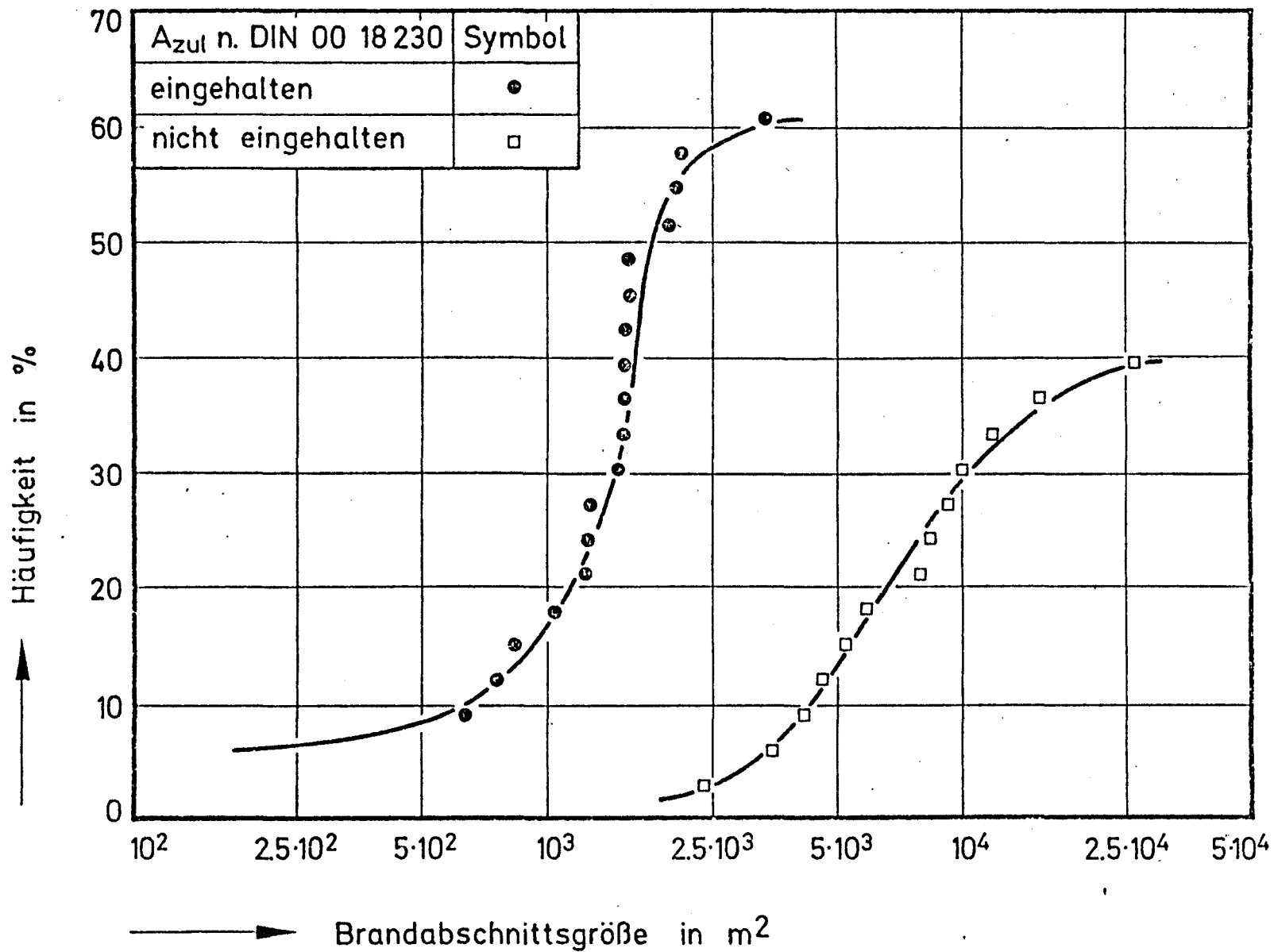


Bild 15: Vergleich der gemäß DIN 00 18 230 zulässigen Brandabschnittsflächen mit den in bestehenden Industriegebäuden realisierten Brandabschnitten

Bereich der großen Brandabschnitte sind Überschreitungen der Norm vergleichsweise häufig, wohingegen um 1600 m^2 eine erklärbare Tendenz besteht, die zulässigen Flächen einzuhalten.

Auf Bild 16 wird gezeigt, in welchen Brandschutzklassen die festgelegten Brandabschnittsflächen vorzugsweise nicht eingehalten werden. Es zeigt sich, daß insbesondere im Bereich der Brandschutzklassen I und II die Normwerte gar nicht bzw. selten überschritten werden, d. h. in diesem Bereich sind die Normwerte vergleichsweise hoch angesetzt. Bei höheren Brandschutzklassen zeigt sich ein in etwa ausgewogenes Bild. Prinzipiell ist jedoch festzustellen, daß bei Gebäuden mit höheren Brandbelastungen die Normwerte ehestens überschritten werden. Insgesamt läßt sich aus dem Vorstehenden - insbesondere aus Bild 15 - folgern, daß der vielfach erhobene Vorwurf, die in DIN OO 18 230 vorgesehenen Brandabschnittsgrößen lägen weit außerhalb dessen, was bisher als gut und - richtig erkannt wurde, nach diesen Ergebnissen etwas antiquiert bzw. zeitlich überholt erscheint.

4.3. Berechnete Feuerwiderstandsdauer der untersuchten Industriegebäude gemäß DIN OO 18 230

Die berechneten Feuerwiderstandsdauern und die sich daraus ergebenden Anforderungen an die Bauteile gemäß Anlage 1 der Norm sind im Anhang A 5 (jeweils Blatt Nr. 6 und 7) zu finden. Auf Bild 17 ist die Häufigkeit bzw. Auftretenswahrscheinlichkeit in den Anforderungen (Klassen) für jede Brandschutzklasse dargestellt. Es ergibt sich - wie eigentlich auch zu erwarten - keine klare Tendenz. Bis auf die Brandschutzklasse I sind alle Brandschutzklassen etwa gleich häufig vertreten. Die Brandschutzklasse V ist vermutlich auf Kosten der Brandschutzklasse IV etwas überrepräsentiert.

Der niedrige Anteil von Gebäuden in der nach der Normvorlage vorgesehenen Brandschutzklasse I ($t_{\text{aq}} \leq 15$ Minuten) ergibt sich möglicherweise aus der Tatsache, daß die Höhe der tatsächlichen Brandbelastung - nach dem Motto: "Da liegt ja gar nichts!" - in der Praxis häufig erheblich unterschätzt wird. Die vorliegende Untersuchung hat ergeben, daß z. B. bei eingeschossigen Hallen nur in einem Fall (das entspricht 6 % der untersuchten eingeschossigen Fälle) eine Verminderung der Anforderungen gemäß Anlage 3 der Norm in Frage kommt. In drei weiteren Fällen wäre bei entsprechendem Rauch- und Wärmeabzug

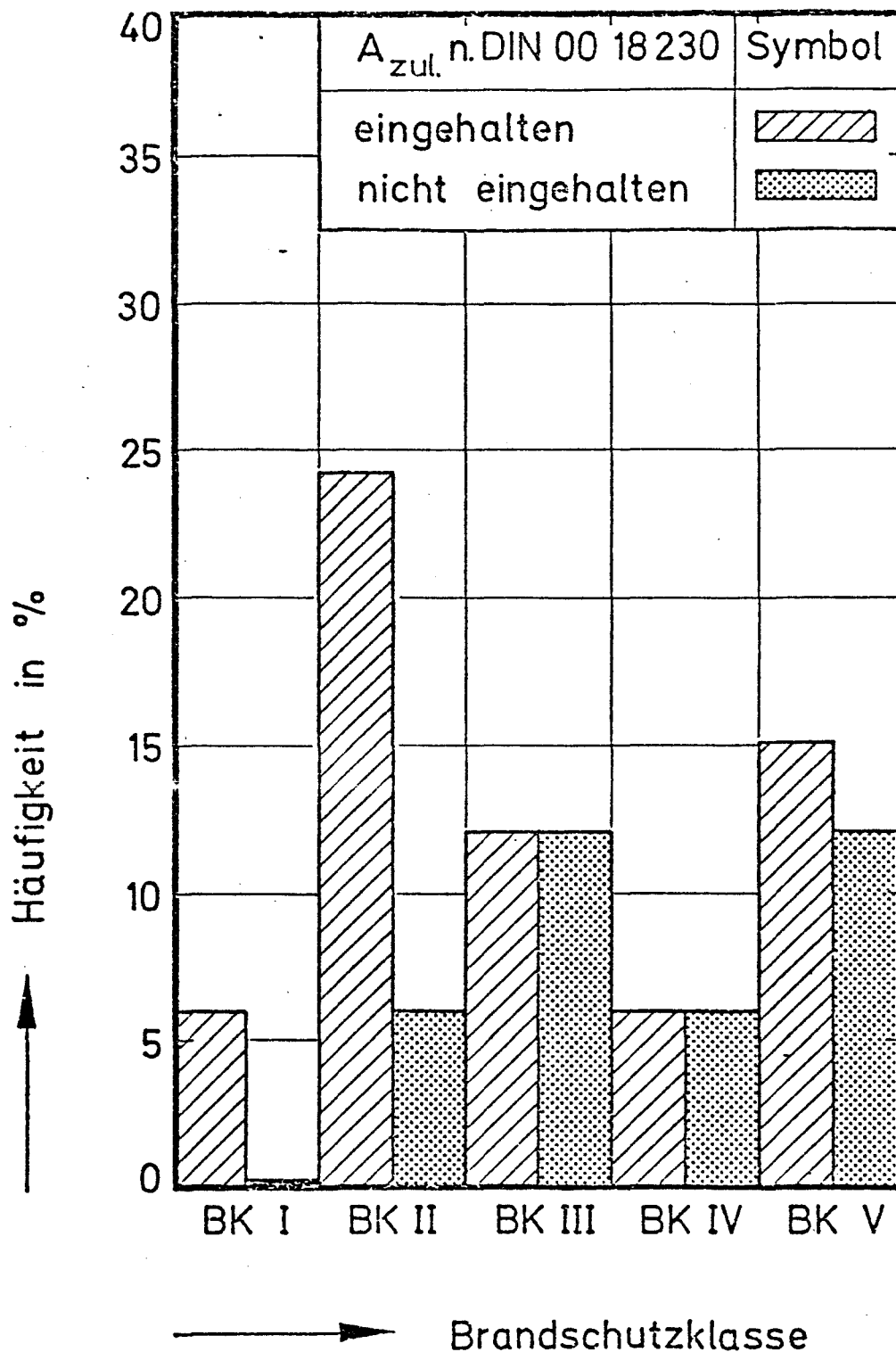


Bild 16: Vergleich der gemäß DIN 00 18 230 zulässigen Brandabschnittsgrößen mit den für den Industriebau ermittelten Werten

in den Dachflächen (+ ggf. Sprinklerung) eine Befreiung möglich, so daß nach diesen Ergebnissen nur knapp 25 % der Hallen unter den Anhang 3 der Norm fallen.

Wichtig ist vielleicht auch die Erkenntnis, daß in 6 Fällen äquivalente Normbranddauern von mehr als 120 Minuten ermittelt wurden. Die entsprechenden Gebäude liegen im Prinzip somit außerhalb der Norm. Sie wurden aus Gründen der Übersicht jedoch ausnahmslos der Brandschutzklasse V zugeordnet und sind somit auch im Bild 17 enthalten. Die Tatsache, daß die in der Brandschutzklasse V gestellten Anforderungen wesentlich über die bekannten Forderungen der Bauordnungen hinausgehen, scheint dieses Vorgehen zu rechtfertigen.

Eine kleine Unstimmigkeit, die sich bei Anwendung der Anlage 1 von DIN OO 18 230 bei der Auswertung ergab, soll in diesem Zusammenhang ebenfalls erwähnt werden. Entsprechend den Erläuterungen zur Norm (s. Anhang A 2 - 28) sollen die Brandschutzklassen und damit die Feuerschutzklassen der Bauteile in Anlehnung an die für das Haupttragwerk $SK_b 3$ berechneten Feuerwiderstandsdauern bestimmt werden. Für die Bauteile der Sicherheitsklasse $SK_b 4$ ergibt sich daraus zwangsläufig in bestimmten Fällen eine Unter- bzw. Überbewertung.

Beispiel 1: Code Nr. 03/51/004

$SK_b 3:$ $t_{\bar{a}q} = 68 \text{ min} \rightarrow F 90$ (nach Anlage 1 der Norm für $SK_b 3$)
 $\rightarrow F 120$ (nach Anlage 1 der Norm für $SK_b 4$)

$SK_b 4:$ $t_{\bar{a}q} = 137 \text{ min} \rightarrow F 150 (?)$

Beispiel 2: Code Nr. 03/53/006

$SK_b 3:$ $t_{\bar{a}q} = 33 \text{ min} \rightarrow F 60$ (nach Anlage 1 der Norm für $SK_b 3$)
 $\rightarrow F 90$ (nach Anlage 1 der Norm für $SK_b 4$)

$SK_b 4:$ $t_{\bar{a}q} = 57 \text{ min} \rightarrow F 60 (?)$

Im Beispiel 1 werden die Anforderungen an die Brandwände vermutlich zu niedrig, im Beispiel 2 u. U. zu hoch liegen. Derartige Überschneidungen sind auch in den Bereichen der Sicherheitsklassen $SK_b 2$ und $SK_b 1$ vorstellbar. Sie

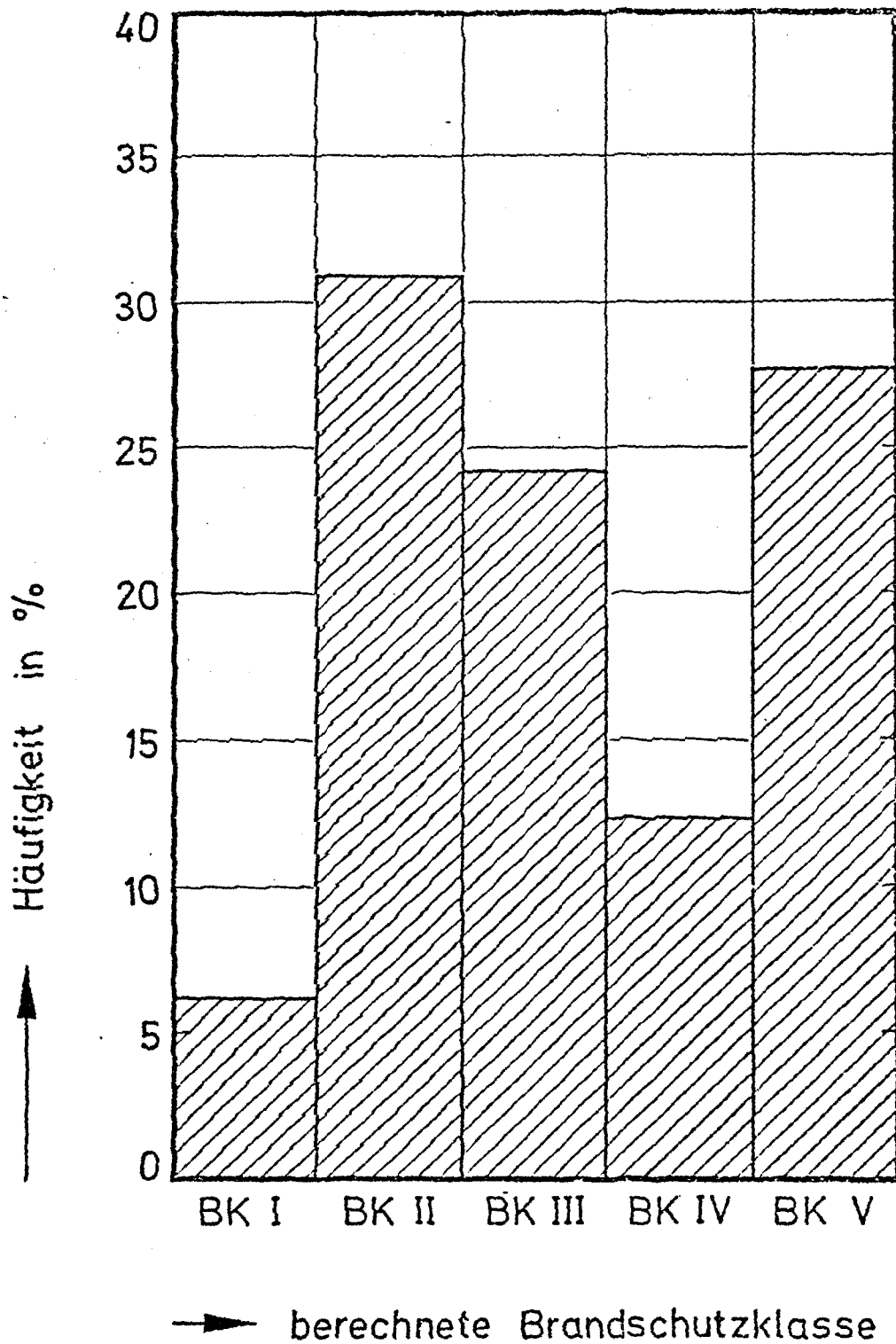


Bild 17: Auftretenswahrscheinlichkeit der einzelnen Brandschutzklassen nach DIN 18 230 für Industriegebäude

wurden hier jedoch nicht weiter untersucht. Für die Bauteile der Klasse SK_b 4 ergab sich in dieser Untersuchung jeweils 9 mal eine Überwertung und Unterbewertung in ihren Feuerwiderstandsklassen gegenüber den tatsächlich errechneten äquivalenten Branddauern. Eine differenzierte Betrachtung scheint diesbezüglich durchaus angemessen.

In 5 Fällen war es wie in Abschnitt 3.4 bereits kurz erwähnt erforderlich, Teilbereiche mit überdurchschnittlich hohen Brandlasten entsprechend Abschnitt 4.1.3 der Norm zu berechnen. Die allgemeine Befürchtung, daß Punktbrandlasten im Industriebau der Regelfall sein könnten, kann anhand dieser Untersuchung also nicht bestätigt werden. Bezogen auf alle Objekte ergibt sich lediglich ein Anteil von rd. 15 % für Brandabschnitte mit Punktbrandlasten.

4.4. Statistische Auswertung der ermittelten Feuerwiderstandsdauern

Im folgenden sollen die Ergebnisse der Untersuchungen bezüglich ausgeführter und theoretisch (nach DIN OO 18 230) erforderlicher Bauausführung diskutiert werden. Ausgangspunkt dieser Betrachtung sind die Daten der Blätter Nr. 7 und 8 des Anhangs A 5. Die für alle Objekte rechnerisch ermittelten Anforderungen (Blatt Nr. 7) werden der jeweiligen tatsächlichen Bauausführung (Blatt Nr. 8) gegenübergestellt, wobei zunächst bewußt keine Unterscheidungen bezüglich der Sicherheitsklassen getroffen werden. Das Ergebnis eines solchen Vergleichs ist auf Bild 18 wiedergegeben. Man erkennt daran, daß die rechnerischen Anforderungen nach DIN OO 18 230 nur in 30 % aller Fälle erfüllt sind, d. h. 70 % der untersuchten Bauwerke waren im Sinne von DIN OO 18 230 brandschutztechnisch unzureichend ausgeführt.

Diese hohe Ausfallquote dürfte allgemein überraschen. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß in diese Betrachtung alle Bauteile, insbesondere also auch Abschlüsse, Klappen usw., einbezogen sind. Bei der Erfassung der Brandlasten und Begehung der Gebäude war bereits schon aufgefallen, daß in den Industriegebäuden nur in wenigen Fällen geprüfte bzw. zugelassene Feuerschutztüren und -abschlüsse verwendet worden waren, so daß als eine Hauptursache der hohen Ausfallquote sicherlich unzureichende Abschlüsse anzusehen sind.

Auf Bild 19 ist deshalb die gleiche Gegenüberstellung für alle Objekte noch einmal durchgeführt, wobei nun aber alle Bauteile der Klasse SK_b 1 - insbesondere also auch F-Türen - vorweg ausgeschieden wurden. Es zeigt sich sofort

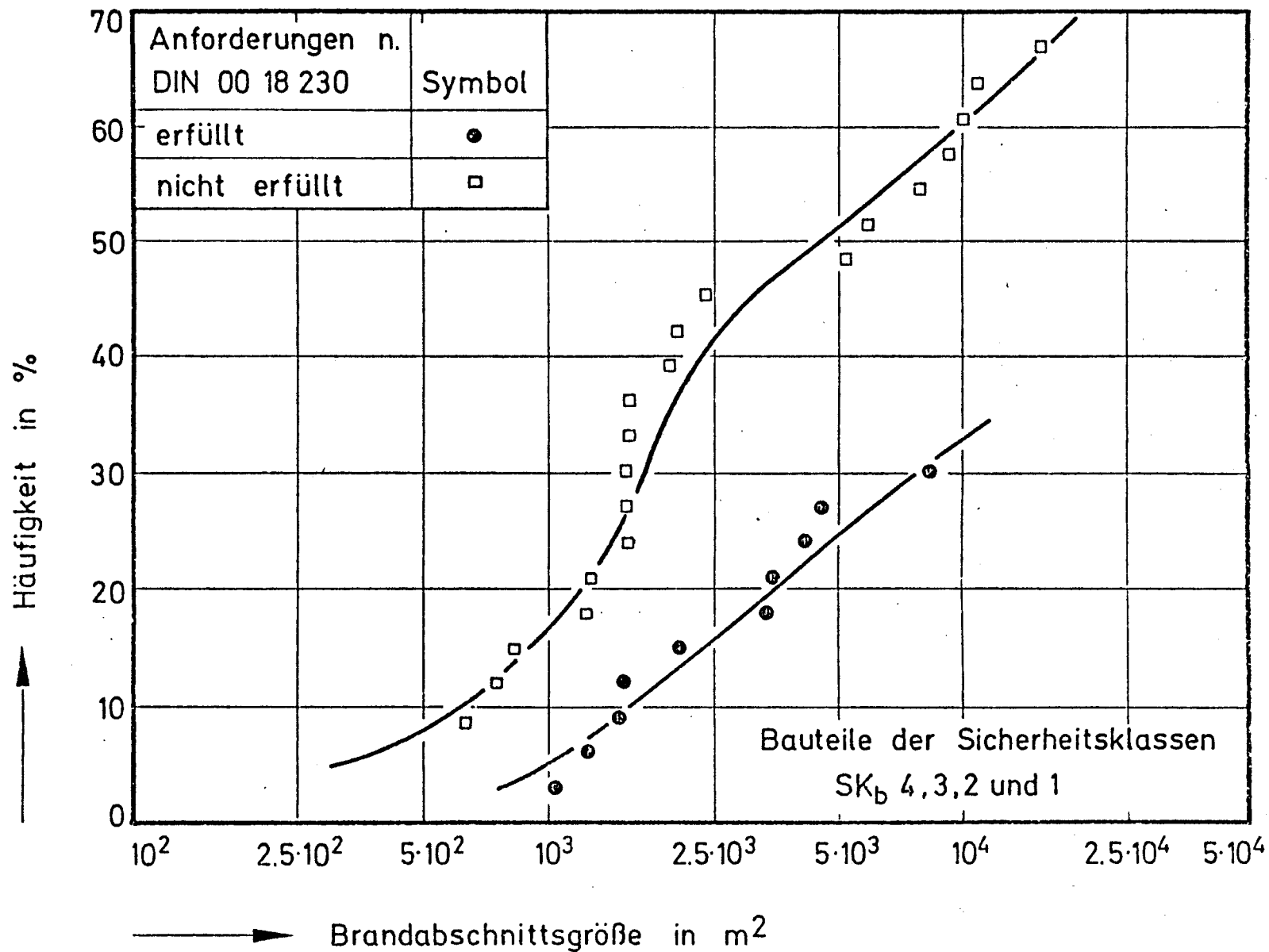


Bild 18: Vergleich der ausgeführten und gemäß DIN 00 18 230 erforderlichen Feuerwiderstandsdauern von bestehenden Industriegebäuden

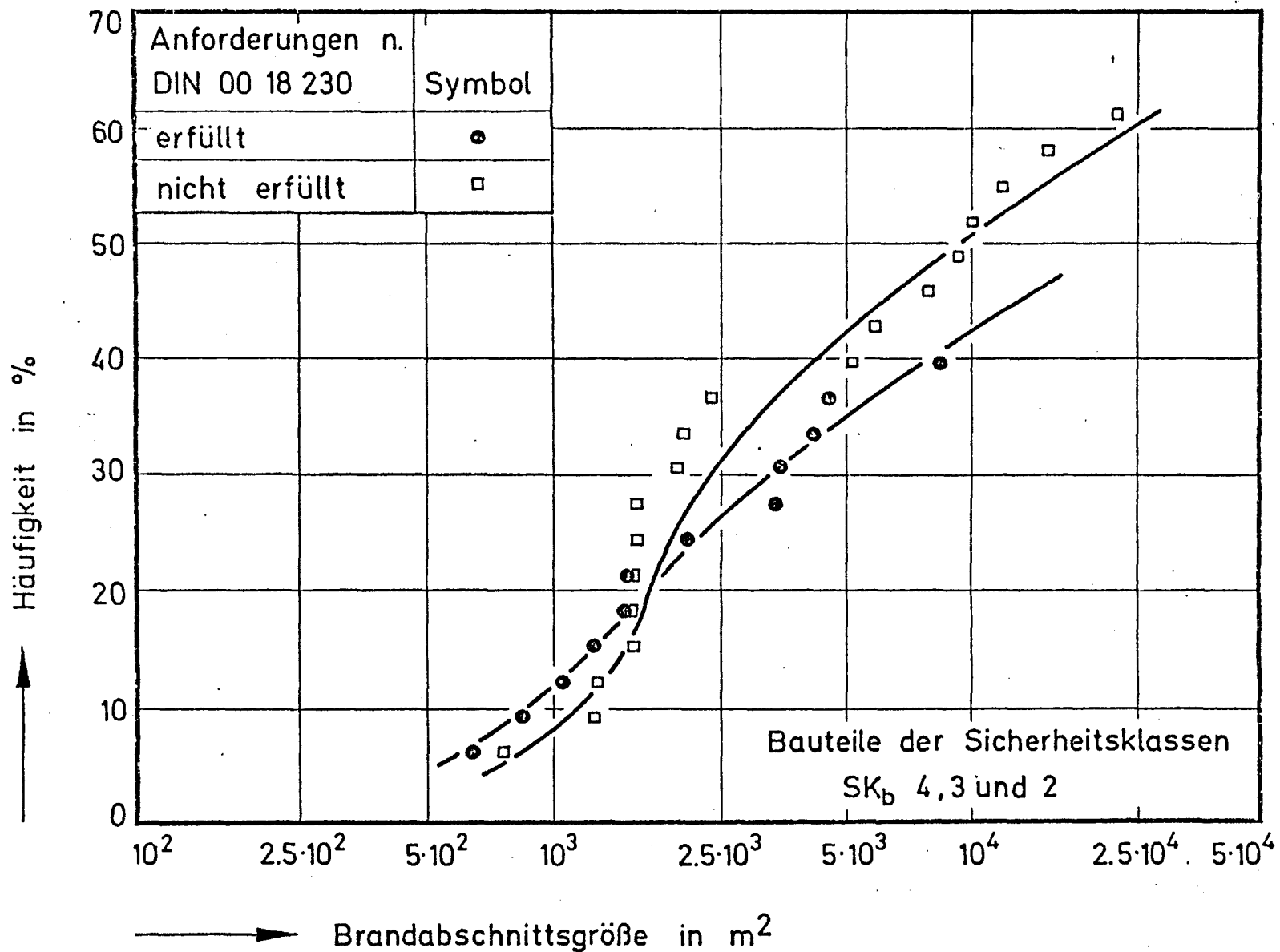


Bild 19: Vergleich der ausgeführten und gemäß DIN 00 18 230 erforderlichen Feuerwiderstandsdauern von bestehenden Industriegebäuden (ohne Bauteile der Klasse SK_b 1)

sehr deutlich eine Verschiebung des gesamten Niveaus; d. h. nunmehr liegt die Anzahl der Objekte, die die Normanforderungen erfüllen, mit denen, die sie nicht erfüllen, nahezu gleichauf. Die Stützwerte der Verteilungsfunktion unterliegen allerdings vergleichsweise großen Schwankungen, so daß sich der Funktionstyp nur schwerlich angeben läßt.

Eine Gegenüberstellung der Bauteile der Sicherheitsklasse $SK_p 3$ ergibt dagegen ein völlig anderes Bild. Auf der Abbildung 20 sind diese Werte dargestellt. Es zeigt sich, daß in fast $2/3$ aller Fälle die Bauteile des Haupttragwerks der hier untersuchten Gebäude den Anforderungen nach DIN OO 18 230 ohne weiteres entsprechen. Im Prinzip zeigt sich also, daß die Normanforderungen von den bestehenden Gebäuden in großem Maße erfüllt wurden, wobei auch hier wieder die Abschlüsse ($> 3,0 \text{ m}^2 \rightarrow SK_p 2$) eine wesentliche Rolle spielen (vergl. Bild 19 und Bild 20).

Der Funktionstyp läßt sich ebenfalls nicht ohne weiteres aus der Verteilungsfunktion bestimmen. Allerdings liegen die Stützwerte vergleichsweise dicht, so daß man sicherlich von einer eindeutigen Tendenz sprechen kann. Ein gemeinsamer Vergleich der Bauteile der Klassen $SK_p 3$ und $SK_p 4$ führt im übrigen zu ähnlichen Beziehungen, so daß auf eine weitere Darstellung dieser Art verzichtet werden kann.

Interessant erscheint in diesem Zusammenhang auch die Frage, mit welcher Häufigkeit die Anforderungen gemäß DIN OO 18 230 von Bauwerken unterschiedlicher Bauweise bereits jetzt schon und somit "zufällig" erfüllt werden. Hierzu kann das Bild 21 einen ungefähren Eindruck vermitteln. Dargestellt ist wiederum die Häufigkeit der Einhaltung bzw. Nichteinhaltung der Anforderungen an das Haupttragwerk ($SK_p 3$), wie sie sich gemäß DIN OO 18 230 in Abhängigkeit von den ausgeführten Brandabschnittsgrößen ergibt.⁺⁾ Während die in Stahlbauweise errichteten Objekte nur selten die Anforderungen gemäß DIN OO 18 230 erfüllen, ergibt sich für Stahlbetonbauten die umgekehrte Tendenz, d. h. die untersuchten Betonbauten liegen bereits jetzt schon durchweg im Rahmen der Norm. Obwohl in diese Betrachtung jeweils nur 10 (Stahl) und 22 (Beton) Objekte einbezogen wurden konnten, wodurch die Aussagefähigkeit erheblich eingeschränkt wird, ergeben sich gemäß Bild 21 noch vergleichsweise 'glatte' Stützpolynome, so daß die dargelegten Tendenzen voraussichtlich auch bei wesentlich höheren Objektzahlen erhalten bleiben.

^{+) Die Holzbauweise ist aus den vorgenannten Gründen (s. Abschnitt 4.2) nicht in diese Fragestellung einbezogen.}

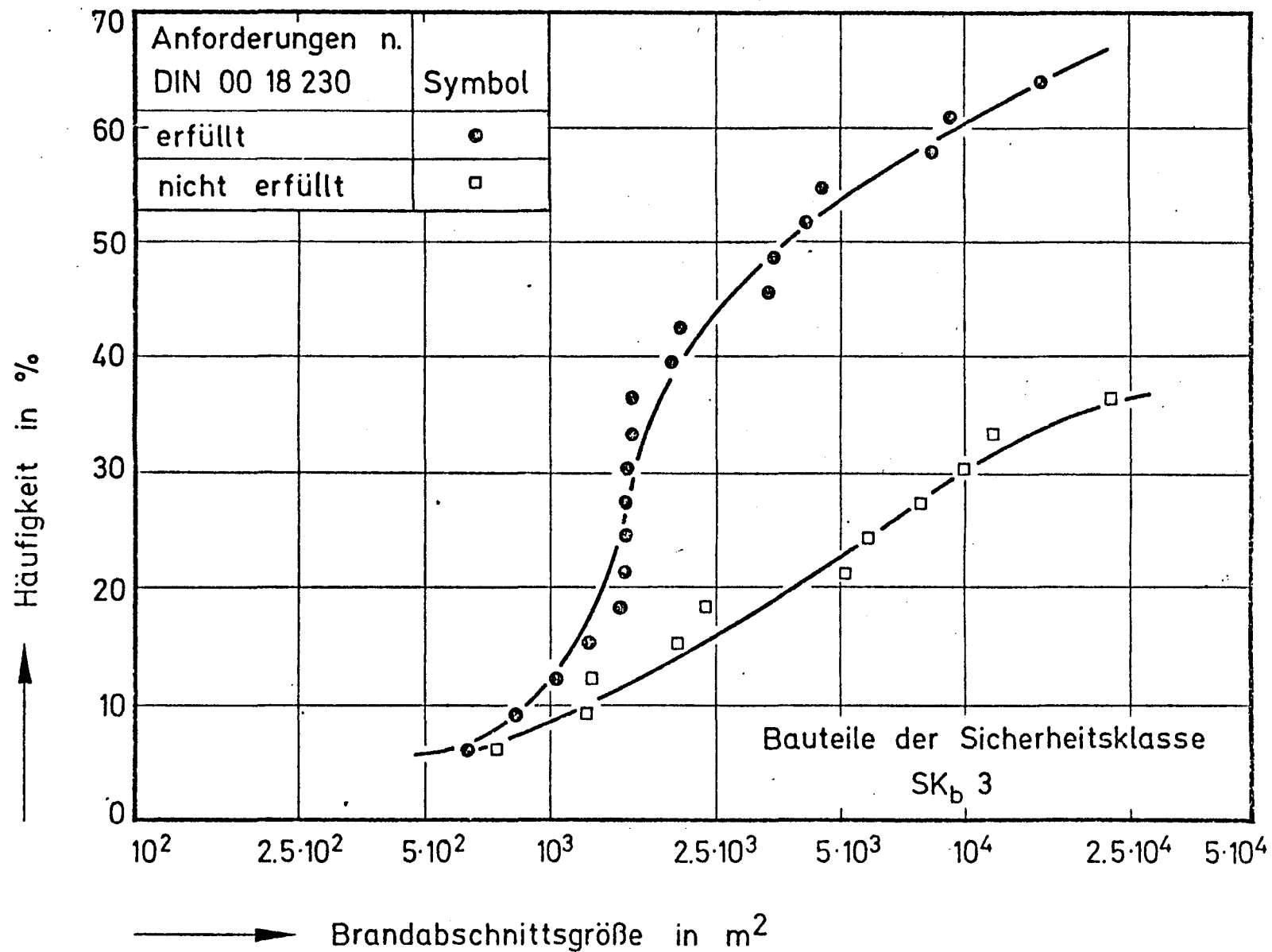


Bild 20: Vergleich der ausgeführten und gemäß DIN 00 18 230 erforderlichen Feuerwiderstandsdauern von bestehenden Industriegebäuden (nur Bauteile des Haupttragwerks)

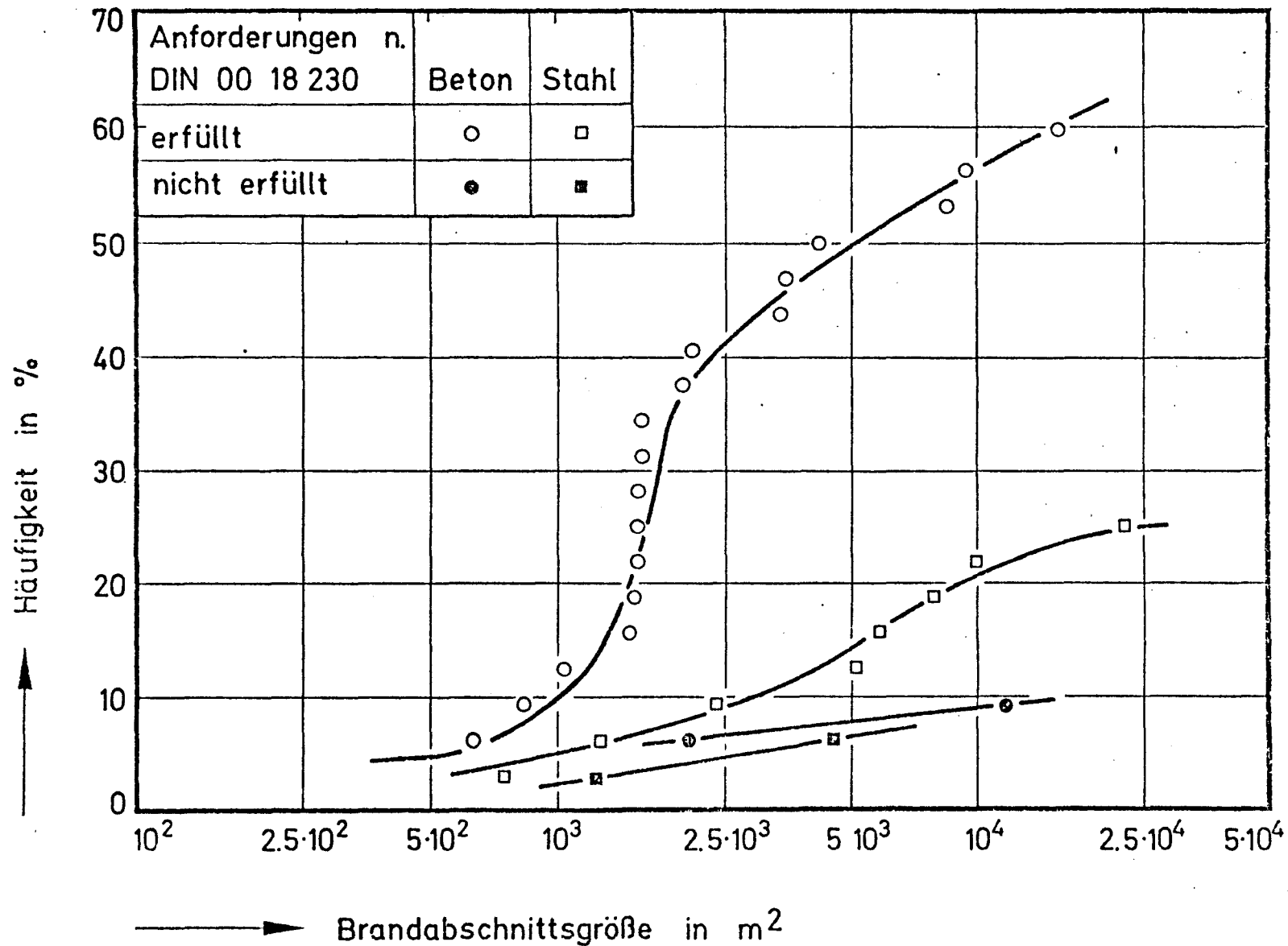


Bild 21: Vergleich der ausgeführten und gemäß DIN 00 18 230 erforderlichen Feuerwiderstandsdauern von Industriegebäuden unterschiedlicher Bauart (nur Bauteile des Haupttragwerks)

5. Folgerungen im Hinblick auf die praktische Anwendung der Norm

5.1. Praktische Hinweise

Die durchgeführten Untersuchungen haben zu einigen generellen Erkenntnissen und Erfahrungen geführt, die speziell für die Anwendung und praktische Handhabung der Norm von Bedeutung sind und deshalb hier kurz angesprochen werden sollen. Industriebauten werden in sehr unterschiedlicher Art und Weise errichtet und genutzt. Für den ungeübten Anwender der Norm - und bei einem Mittelbetrieb kann man eine gewisse Unvoreingenommenheit sicherlich unterstellen - ergeben sich daraus ernsthafte Probleme. Hierzu gehören u. a.:

- was ist eine Brandlast und wie ist diese verteilt?
- wie groß sind die Heizwerte?
- wie groß sind die m-Faktoren?
- welcher Wärmeabzugsfaktor darf angesetzt werden?
- wie setzt man Kombinationsbeiwerte an ? usw.

All diese Fragen werden auftreten und auch gestellt. Sie sind aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse kaum allgemein zu beantworten. Darüber hinaus wird eine Menge Aufklärungsarbeit erforderlich sein, um den Anwendern wenigstens so viel Kenntnisse zu vermitteln, wie sie für eine optimale Nutzung der Norm erforderlich sind. Der diesem Bericht beigefügte Anhang kann in diesem Zusammenhang als eine praxisorientierte Sammlung von Beispielen angesehen werden, die im Rahmen der erforderlichen Aufklärung genutzt werden kann.

Ein besonders dringendes Problem scheint in diesem Zusammenhang die Erstellung einer möglichst umfangreichen Liste von Heizwerten und m-Faktoren. Es ist voraussichtlich im Rahmen eines Baugenehmigungsverfahrens nicht möglich, auch noch solche Werte ohne Verzug zu bestimmen. Die Schaffung einer kompetenten Stelle, die eine solche Liste zusammenstellt und verwaltet, wäre sicherlich von größtem Nutzen.

5.2. Vergleich der bisherigen Anforderungen mit den theoretisch ermittelten Werten

Aus den vorstehenden Untersuchungsergebnissen haben sich keine Erkenntnisse ergeben, die darauf hindeuten, daß die in DIN OO 18 230 getroffenen Festlegungen im Fall ihrer Anwendung gegenüber den bisherigen Bauausführungen zu grundsätzlich anderen Lösungen als den bisherigen führen bzw. eine Verschiebung des gesamten Sicherheitsniveaus bewirken. Sowohl bezüglich der Brandabschnittsgrößen als auch in der konstruktiven Ausbildung der Haupttragwerke erfüllen die bestehenden Industriegebäude bereits jetzt schon in vielen Fällen ungefähr die Anforderungen der Norm. Knapp 35 % der Bauteile der Sicherheitsklasse $SK_p 3$ liegen unter den Normanforderungen. Bezüglich der Brandabschnittsgrößen ergibt sich durch die Norm voraussichtlich sogar eine gewisse Einschränkung gegenüber den gegenwärtig realisierten Flächen, d. h. auf dem Wege der Befreiung sind bisher häufig wesentlich größere Brandabschnitte genehmigt worden als in der Norm durchschnittlich vorgesehen ist.

Bei Bauteilen der Sicherheitsklasse $SK_p 2$ und 1 ist möglicherweise eine gewisse Veränderung gegenüber der jetzigen Situation zu erwarten, d. h. die Anwendung geprüfter oder zugelassener Türen und Abschlüsse wird nach Einführung der Norm sicherlich zunehmen. Diesbezügliche im Rahmen dieser Untersuchung gefundenen Ergebnisse waren durchweg negativ. Ein Grund dafür ist möglicherweise darin zu sehen, daß überwiegend ältere Industriebetriebe untersucht wurden. Es ist klar, daß man bei Industriebetrieben, die vor 10 oder mehr Jahren geplant wurden, nicht ohne weiteres eine Berücksichtigung neuester Brandschutzerfahrungen unterstellen kann.

5.3. Abschließende Wertung

Die vorliegende Untersuchung von 33 Industrieobjekten unterschiedlicher Bauart und Nutzung ist ein Versuch, Fragen des baulichen Brandschutzes im Industriebau systematisch zu erfassen und zu studieren. Als mathematisches Hilfsmittel wurde bei der Auswertung der Daten auf die Statistik zurückgegriffen. Der zur Verfügung stehende Datensatz ist zwar nicht sonderlich groß,

trotzdem ist es jedoch gelungen, anhand der vorliegenden Werte einige allgemeine Aussagen zu gewinnen. Diese Aussagen betreffen vor allem Fragen der Brandabschnittsgrößen (s. Abschnitt 4.1) und der Bauwerksausführungen (s. Abschnitt 4.2, 4.3 und 4.4).

Darüber hinaus konnten bezüglich der Anwendung und Handhabung von DIN OO 18 230 einige wertvolle Erfahrungen gesammelt werden: Das Verfahren selbst ist praktikabel, wenn bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind; d. h. es müssen entsprechende allgemeine brandschutztechnische Erfahrungen und auch gewisse Detailkenntnisse über bestimmte Stoffeigenschaften vorliegen. Solche Erfahrungen und Kenntnisse lassen sich u. a. auch anhand des zu diesem Bericht gehörigen Anhangs gewinnen.

6. Schlußbetrachtung

Anhand von systematischen brandschutztechnischen Untersuchungen an bzw. in bestehenden Industrieobjekten sollte der Frage nachgegangen werden, inwieweit die gegenwärtig realisierten baulichen Brandschutzmaßnahmen in Industriebäuden mit den nach DIN OO 18 230 vorgesehenen Anforderungen korrelieren. Zu diesem Zweck wurden 33 Industrieobjekte untersucht, wobei die für eine Berechnung gemäß DIN OO 18 230 erforderlichen brandschutztechnischen Parameter ermittelt wurden. Parallel dazu wurden die Bauteile des jeweiligen Objekts untersucht und gemäß DIN 4102 Teil 2, 3, 5 oder 7 bewertet. Die für jedes Objekt ermittelten Daten sind auf gesonderten Formblättern (s. Anhang A 5) zusammengestellt.

Eine statistische Auswertung der Einzelergebnisse hat ergeben, daß die Brandabschnittsgrößen im Industriebau vermutlich einer logarithmischen Normalverteilung unterliegen. Der vorliegende Datensatz hat einen Zentralwert um 2500 m^2 ergeben. In knapp 40 % aller Fälle wurden die Brandabschnittsgrößen der Normvorlage überschritten - vor allem im Bereich hoher Brandlasten und bei größeren Flächen.

Die ermittelte Brandlastverteilung ist ebenfalls logarithmisch normal verteilt. Der Zentralwert liegt bei 120 kWh/m^2 , das entspricht einem Holzgleichwert von 26 kg/m^2 . Der über alle Stoffe und Brandlasten für die Zentralwerte gemittelte m-Faktor ergab sich zu 0,6.

Im Rahmen dieses Vorhabens wurden die "Bauarten" Stahlbeton (66 %), Stahl (30 %) und Holz (4 %) untersucht. Oberhalb der Brandschutzklasse II waren praktisch nur Stahlbetonbauwerke ausgeführt. Die untersuchten Stahlkonstruktionen waren praktisch alle unbekleidet. Sie mußten deshalb ausschließlich in die Brandschutzklasse I eingestuft werden.

Die rechnerischen Anforderungen an die Feuerwiderstandsdauer der Bauteile nach DIN 00 18 230 waren insgesamt gesehen höher als die in den Bauwerken ausgeführten Feuerwiderstandsdauern. Diese Aussage gilt jedoch nur bei gleichzeitiger Betrachtung aller Bauteile, d. h. sämtliche Bauteile der Klassen $SK_D 4$, $SK_D 3$, $SK_D 2$ und $SK_D 1$. Ein Vergleich der Bauteile der Sicherheitsklasse $SK_D 3$ (Haupttragwerk) allein hat ergeben, daß etwa 65 % aller Bauwerke die Normanforderungen bereits erfüllen.

Insgesamt gesehen lassen die Ergebnisse der Untersuchung erkennen, daß die bisher geübte Praxis des baulichen Brandschutzes im Industriebau - entweder Brandschutzklasse I oder IV bzw. V (s. Bild 14) - nach Einführung der Norm voraussichtlich einem sich mehr an den tatsächlichen Gegebenheiten orientierenden Verfahren weicht. Dabei wird es zwangsläufig an der oberen Grenze der Anforderungen zu Abstrichen kommen. Im unteren Bereich ist demgegenüber u. U. eine gewisse Verschärfung zu erwarten (vergl. Bild 14 mit Bild 17). Grundsätze Verschiebungen im gesamten Sicherheitsniveau sind nach den vorliegenden Erkenntnissen und Ergebnissen jedoch nicht zu erwarten bzw. her-zuleiten.

7. Literaturhinweise

- [1] Klingelhöfer, H.G.: "Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Bewertung der Brandlasten in Industriebauten - Bewertungsfaktor "m" DIN 18 230 -". Abschlußbericht, MPA Dortmund, (1977).
- [2] Schneider, U.: "Bewertung des unterschiedlichen Brandverhaltens von Stoffen bei natürlichen Bränden (Beitrag zum Berechnungsverfahren nach DIN 18 230E)." Abschlußbericht, Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau der Technischen Universität Braunschweig, (1975).
- [3] Knublauch, E., Rudolphi, R., Tanaka, T.: "m-Faktor-Versuche - Auswertungen mit Hilfe der mathematischen Statistik". Abschlußbericht, Teil 1 und Teil 2, BAM, Berlin, (1973 und 1974).
- [4] Schneider, U.: "Über die Möglichkeit der Umrechnung von natürlichen Bränden auf die Brandbeanspruchung nach DIN 4102." Zentralblatt für Industriebau, 19. Jahrgang, Heft 1, S. 24/29, C.R. Vincentz Verlag, Hannover, (1973).
- [5] Knublauch, E.: "Über Ausführung und Aussagefähigkeit des Normbrandversuchs nach DIN 4102, Blatt 2, im Hinblick auf die Nachbildung natürlicher Schadenfeuer." BAM-Berichte Nr. 16, Berlin, (1972).
- [6] Knublauch, E.: "Zur Frage der äquivalenten Normbranddauer t_a von natürlichen Schadenfeuern." Abschlußbericht, BAM, Berlin, (1974).
- [7] Schneider, U., Haksever, A.: "Bestimmung der äquivalenten Branddauer von statisch bestimmt gelagerten Stahlbetonbalken bei natürlichen Bränden." Abschlußbericht, Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau der Technischen Universität Braunschweig, (1976).
- [8] Halpaap, W.: "Die Bedeutung der örtlichen Brandbekämpfungsvoraussetzungen in Baugenehmigungsverfahren." Referat, VFDB-Tagung, Aachen, (1978).
- [9] Bub, H.: "Sicherheitskonzept für den konstruktiven baulichen Brandschutz 'Brandbelastung - Brandwiderstand' ." Institut für Bautechnik, Berlin, Juni (1978).
- [10] Kordina, K., Schneider, U.: "Baulicher Brandschutz im Industriebau - Stand der Erkenntnisse." Veröffentlichung in Vorbereitung, (1978).

Anhang zum Forschungsbericht

Baulicher Brandschutz im Industriebau

(Berechnungen nach DIN OO 18 230)

von

Akad. Oberrat Dr.-Ing. U. Schneider
Prüfingenieur Ing. (grad.) W. Gruber

Juni 1978

Untersuchung im Auftrage des Instituts für Bautechnik, Berlin,
Az.: IV/1-5-46/74, IV/1-5-46/75 und IV/1-5-46/76

Veröffentlichungen des Untersuchungsberichts, auch auszugsweise, bedürfen
in jedem Einzelfall der schriftlichen Einwilligung des Instituts.

G l i e d e r u n g

Seite

A 1.	Allgemeines	A 1 - 1 ff
A 2.	Normvorlage DIN OO 18 230, Entwurf März 1978	A 2 - 1 ff
A 3.	Zusammenstellung der verwendeten Heizwerte und m-Faktoren	A 3 - 1 ff
A 4.	Literaturverzeichnis	A 4 - 1
A 5.	Zusammenstellung der untersuchten und ausgewerteten Industrieobjekte	01/11/001 ff

A 1. Allgemeines

Der vorliegende Anhang enthält alle im Rahmen der Untersuchungen verwendeten Arbeitsunterlagen und -ergebnisse. Die Berechnung der Bauwerke erfolgte gemäß DIN OO 18 230 Teil 1, Entwurf März 1978. Aus Gründen der Übersicht ist dieser Entwurf unter Abschnitt A 2 beigelegt. Soweit darin noch redaktionelle oder andere Fehler enthalten sind, wurde dies berücksichtigt. Insbesondere muß darauf hingewiesen werden, daß der Beiwert k_f für Dachentlüftungen nicht gemäß A 2 - 27 des Normentwurfs, sondern entsprechend dem beiliegenden Diagramm A 2 - 33 bestimmt wurde. Das Diagramm A 2 - 33 wird voraussichtlich in den Gelbdruck aufgenommen.

Weiterhin wurde davon ausgegangen, daß die Anlage 1 des Normentwurfs (A 2 - 30) auch für eingeschossige Industriebauten anzuwenden ist, sofern die Anlage 3 (A 2 - 32) nicht zur Anwendung kommt. In dem Normentwurf hat sich an dieser Stelle offenbar ein schwerwiegender Druckfehler "eingeschlichen".

Alle im vorliegenden Bericht verwendeten Heizwerte und m-Faktoren sind in dem Abschnitt A 3 zusammengestellt. Soweit diese Werte gemäß DIN 18 230 Teil 2 bestimmt wurden und im Beiblatt 1 zu DIN OO 18 230 Teil 1 aufgeführt sind, wurde darauf zurückgegriffen. In vielen Fällen lagen jedoch weder die Heizwerte noch die m-Faktoren vor. Die Heizwerte wurden dann anhand der Literatur (vergl. z. B. [4]) bestimmt. Alle zugehörigen m-Faktoren mußten jedoch geschätzt werden. Die Schätzwerte wurden nach Rücksprache mit einigen Mitgliedern des Normenausschusses (Unterausschuß DIN 18 230 Teil 2, "Ermittlung des Abbrandfaktors m") von den Verfassern festgelegt. Sie können deshalb noch nicht als bestätigt angesehen werden. Im Hinblick auf die erforderlichen Auswertungen war es jedoch unabwendbar notwendig, so vorzugehen, weil sonst in vielen Fällen die rechnerische Überprüfung nicht hätte durchgeführt werden können. Die geschätzten m-Faktoren sind übrigens auf der Anlage A 3 - 4 zusammengestellt. In den Berechnungsbeispielen in Abschnitt A 4 sind solche m-Werte mit einem +) bezeichnet, so daß eine Verwechslung ausgeschlossen ist.

Baulicher Brandschutz im Industriebau

Erforderliche Feuerwiderstandsdauer

DIN18 230
Teil 1Constructional fireproofing in industrial
construction

A 2 - 1

Necessary durability of fire resistance

Einsprüche bis ... ((6 Monate))

Dieser Norm-Entwurf, dessen Inhalt noch nicht die endgültige Fassung der beabsichtigten Norm darstellt und deshalb noch nicht für die Anwendung bestimmt ist, wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt, damit er erforderlichenfalls verbessert werden kann.

Er ersetzt den im Januar 1978 zurückgezogenen Entwurf DIN 18 230, Ausgabe Juli 1968, zu dem so wesentliche Einsprüche vorgebracht worden sind, daß die vorliegende Neufassung als weiterer Entwurf erforderlich wurde.

Soll dieser Norm-Entwurf ausnahmsweise im wirtschaftlichen Verkehr angewendet werden, so ist dies zwischen den Beteiligten, z.B. Auftraggeber und Auftragnehmer, zu vereinbaren.

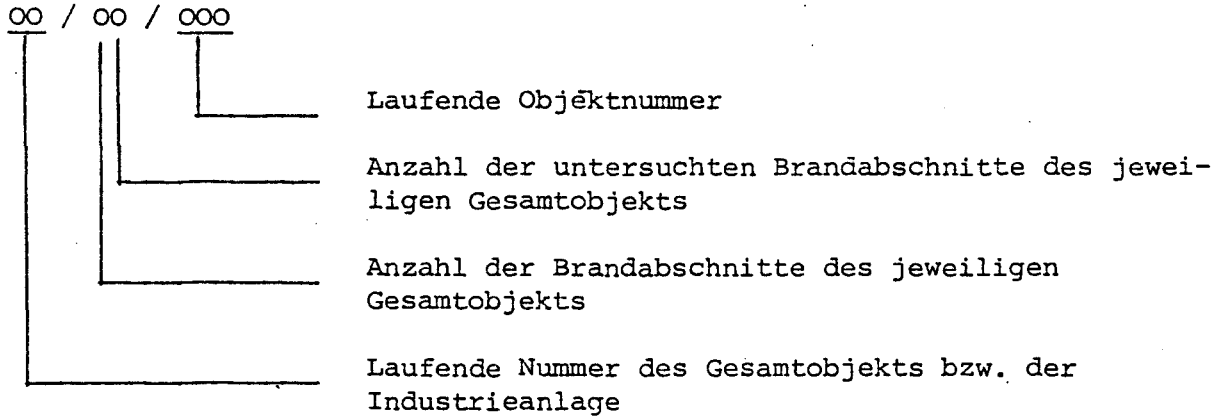
Einsprüche und Änderungsvorschläge zu diesem Norm-Entwurf werden in zweifacher Ausfertigung erbeten an den Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Reichpietsch-
ufer 72-76, 1000 Berlin 30.

Diese Norm soll eine einheitliche brandschutztechnische Beurteilung von Industriebauten mit festgelegter Brandbelastung in Bezug auf die erforderliche Feuerwiderstandsdauer ihrer einzelnen Bauteile unter Berücksichtigung der bauaufsichtlichen Vorschriften ermöglichen. Sie gilt nicht für Industriebauten mit sehr hohem Risiko (z.B. Bauten des kerntechnischen Ingenieurbauwesens).

Unter Berücksichtigung von Bewertungs- und Sicherheitsfaktoren werden für jeden Brandabschnitt die auf die Brandbeanspruchung nach DIN 4102 Teile 2 bis 6 bezogenen erforderlichen Feuerwiderstandsdauern ermittelt, aus denen Brandschutzklassen abgeleitet werden können.

Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Unter Abschnitt A 5 sind die untersuchten Industriegebäude entsprechend ihrer Code-Nummer zusammengefaßt. Aus der Code-Nummer lassen sich bereits erste Informationen über die jeweils untersuchte Industrieanlage gewinnen. Die Code-Nummer setzt sich wie folgt zusammen:



Die brandschutztechnische Untersuchung und Auswertung der Industriegebäude erfolgte im übrigen wie in dem vorstehenden Bericht unter Abschnitt 3 beschrieben. Weitere diesbezügliche Erläuterungen sind an dieser Stelle somit nicht erforderlich.

Jede Änderung der Brandbelastung nach Größe und Anordnung, die zu höheren Anforderungen führen, kann eine Nutzungsänderung im Sinne bauaufsichtlicher Vorschriften sein, die einer Baugenehmigung bedarf. Der Bauherr sollte daher mögliche Nutzungsänderungen bei der Planung berücksichtigen.

Das Bemessungsverfahren nach dieser Norm darf nur im Rahmen der Festlegungen und Grenzen der bauaufsichtlichen Vorschriften, und Richtlinien insbesondere für Industriebauten angewendet werden.*)

*) Im Muster einer Industriebauverordnung (in Vorbereitung) ist z.Zt. folgender Geltungsbereich vorgesehen:

Diese Verordnung gilt für Gebäude, die für nur einen gewerblichen Produktions- oder Lagerbetrieb bestimmt sind und die einzeln eine Gesamtgeschoßfläche von mehr als 1000 m² haben (Industriebauten). Wohnungen für Aufsichts- und Bereitschaftspersonal bleiben bei der Ermittlung der Geschoßfläche unberücksichtigt.

Diese Verordnung gilt für Industriebauten, für die eine öffentliche Feuerwehr mit mindestens 2 Löschgruppen oder gleichwertigen Löschereinheiten vorhanden ist und für die mindestens 3200 l/min Löschwasser aus einer Druckleitung dauernd zur Verfügung stehen oder eine entsprechende Löschwasserversorgung auf andere Weise dauernd sichergestellt ist. Eine entsprechend ausgerüstete Werkfeuerwehr steht den Feuerwehren nach Satz 1 gleich.

Diese Verordnung gilt nicht für

1. Hochhäuser und andere Gebäude mit Räumen, bei denen der Fußboden mehr als 22 m über der festgelegten Geländeoberfläche liegt; ausgenommen hiervon sind Räume, die ausschließlich der Unterbringung technischer Anlagen, wie Heiz-, Lüftungs-, Klima- und Reinigungsanlagen, sowie von Rückkühlwerken und Wasservorratsbehältern dienen.
2. Gebäude für die Energieerzeugung.

In anderen Fällen kann geprüft werden, ob Entscheidungen in Anlehnung an dieses Bemessungsverfahren sinnvoll sind.

Die Norm setzt u.a. die nach den bauaufsichtlichen Vorschriften erforderlichen allgemeinen Brandschutzmaßnahmen voraus, die sich aus dem Standort, der Lage und der Nutzung des Gebäudes ergeben (z.B. Sicherheitsabstände zu anderen Gebäuden, Anordnung von Feuermelde- und Feuerlöschanlagen, ausreichende Löschwasserversorgung, Anlage von ausreichend kurzen Rettungs- und Löschangriffswegen, Rauch- und Wärmeabzugsvorrichtungen). Es wird davon ausgegangen, daß geeignete und entsprechend ausgerüstete Löschkräfte (z.B. öffentliche Feuerwehren) vorhanden und jederzeit einsatzbereit sind.

Die Norm enthält keine Anforderungen für die brandschutztechnisch wirksame Ausbildung der Gesamtkonstruktion. Hierfür sind in der Regel zusätzliche Maßnahmen erforderlich (z.B. Berücksichtigung der Verformung und Dehnungen beim Brand, Wahl statisch unbestimmter Systeme mit entsprechenden Tragreserven, Schaffung voneinander statisch unabhängiger Teilbereiche und Sollbruchstellen).¹⁾

¹⁾ Hierfür ist eine Norm in Vorbereitung (Bearbeitungsnummer: 18 231).

Diese Norm berücksichtigt nicht ein höheres Maß an Sachschutz, der bei vollwirtschaftlich besonders wichtigen Betrieben ggf. von Bedeutung sein kann.

Die γ - und γ_{nb} -Faktoren wurden nach den "Grundlagen zur Festlegung von Sicherheitsanforderungen im konstruktiven baulichen Brandschutz"²⁾ ermittelt.

In Zweifelsfällen sollte zur brandschutztechnischen Beurteilung von Industriebauten ein hierfür geeigneter Sachverständiger hinzugezogen werden.

I n h a l t

- 1 Geltungsbereich und Zweck
 - 1.1 Allgemeines
 - 1.2 Erforderliche Feuerwiderstandsdauer
- 2 Mitgeltende Normen
- 3 Bauunterlagen
- 4 Ermittlung der bewerteten Brandbelastung, der äquivalenten Branddauer und der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer
 - 4.1 Bewertete Brandbelastung q_r
 - 4.1.2 Berechnung von q_r bei gleichmäßig verteilter Brandbelastung
 - 4.1.3 Berechnung von q_r für Teilbereiche bei ungleichmäßig verteilter Brandbelastung
 - 4.2 Äquivalente Branddauer t_a
 - 4.3 Erforderliche Feuerwiderstandsdauer t_{erf}

²⁾ Die Veröffentlichung dieser "Grundlagen" ist vorgesehen in den "Mitteilungen des Instituts für Bautechnik".

5 Brandabschnitt

5.1 Begriff

5.2 Brandabschnittsfläche A

5.3 Anzahl der Geschosse

6 Brandbelastung q

6.1 Begriff

6.2 Erfassung der brennbaren Stoffe

6.3 Berechnung der Brandbelastung

7 Bewertungs- und Sicherheitsfaktoren

7.1 Wärmeabzugsfaktor w

7.1.1 Begriff

7.1.2 Bewertete Öffnungsfläche

7.1.2.1 Ermittlung der Öffnungsflächen

7.1.2.2 Bewertung nach Art der Öffnungsflächen

7.1.2.3 Bewertung nach Lage der Öffnungsflächen

7.1.3 Berechnung bei mehrgeschossigen Brandabschnitten

7.2 Abbrandfaktor m

7.3 Umrechnungsfaktor c

7.4 Sicherheitsbeiwert γ

7.4.1 Eingeschossige Hallen

7.4.2 Mehrgeschossige Industriebauten

7.4.3 Bauteile von Brandabschnittsbegrenzungen

7.4.3.1 Eingeschossige Hallen

7.4.3.2 Mehrgeschossige Industriebauten

7.5 Sicherheitsbeiwert γ_{nb}

7.6 Feuerlöschanlagen

7.7 Anerkannte Werkfeuerwehr

8 Ermittlung der Feuerwiderstandsklassen F

9 Zulässige Brandabschnitts- und Geschoßflächen sowie
Geschoßzahlen der Brandabschnitte

10 Hinweisschild

Weitere Normen und Richtlinien

Erläuterungen

1 Geltungsbereich und Zweck

1.1 Allgemeines

Diese Norm dient der Ermittlung der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer für Bauteile eines Brandabschnittes von Industriebauten, aus der die Feuerwiderstandsklasse der Einzelbauteile entsprechend DIN 4102 Teil 2 bis Teil 6 bestimmt werden kann.

Bei der Festlegung der Feuerwiderstandsdauer des Haupttragwerks wird davon ausgegangen, daß bei einem Brand der Einsturz der Gesamtkonstruktion infolge des Versagens der Einzelbauteile mit ausreichender Zuverlässigkeit vermieden wird, so daß ein Löschangriff auch innerhalb des Gebäudes in angemessener Zeit vorgetragen werden kann.

Auf diese Voraussetzungen wird verzichtet, wenn bei eingeschossigen Gebäuden entsprechend bauaufsichtlicher Vorschriften ohne Rücksicht auf die erforderliche Feuerwiderstandsdauer keine Anforderungen an die Feuerwiderstandsklasse der Bauteile gestellt werden und die erforderliche Feuerwiderstandsdauer ausschließlich zur Festlegung beschränkter Brandabschnittsgrößen dient oder wenn die nach dieser Norm errechnete Feuerwiderstandsdauer größer als die nach den bauaufsichtlichen Vorschriften geforderte Feuerwiderstandsklasse ist.

Diese Norm gilt für explosionsgefährdete Betriebe nur in Bezug auf einen Nachfolgebrand.

1.2 Erforderliche Feuerwiderstandsdauer

Die erforderliche Feuerwiderstandsdauer $erf F$ wird ermittelt aus der bewerteten Brandbelastung, die unter Berücksichtigung der im Brandabschnitt vorhandenen Brandlast und deren Abbrandverhalten (m -Faktor) und den Wärmeabzugsöffnungen (w -Faktor)

festgestellt und über einen Umrechnungsfaktor (c-Faktor) in eine äquivalente Branddauer t_a umgerechnet wird. Anschließend ist die äquivalente Branddauer t_a mit einem eine ausreichende Zuverlässigkeit berücksichtigenden Faktor γ , zu multiplizieren, der z.B. die Lage und der Größe des Brandabschnitts und die Funktion des Bauteils sowie ggf. mit dem Faktor γ_{nb} , der eine etwa vorhandene Feuerlöschanlage oder eine anerkannte Werkfeuerwehr berücksichtigt.

$$\text{Erf } F = t_a \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb}$$

kann der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer nach DIN 4102 Teile 2 bis 6 zugeordnet werden; alle in die zugehörige Feuerwiderstandsklasse eingruppierten Bauteile (DIN 4102 Teil 4 - z.Z. noch Entwurf, amtliche Prüfzeugnisse oder Zulassungen) können diesen Anforderungen entsprechend verwendet werden.

Anmerkung ((kursiv)): Aus der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer für das Haupttragwerk (SK_b 3 nach Abschnitt 7.4) kann die zugehörige Brandschutzklasse und daraus die Feuerwiderstandsklasse der Bauteile entsprechend ihrer Funktion (SK_b 2 oder SK_b 1) bestimmt werden (siehe auch Anlage 1).

2 Mitgeltende Normen

- DIN 18 230 Teil 2 Baulicher Brandschutz im Industriebau; Ermittlung des Abbrandfaktors m (z.Z. noch Entwurf)
- DIN 18 232 Teil 1 Baulicher Brandschutz; Rauch- und Wärmeabzug bei Bränden; Begriffe und Anwendung (z.Z. noch Entwurf)
- DIN 4102 Teil 1 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen

DIN 4102 Teil 2 -; Bauteile; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen

DIN 4102 Teil 3 -; Brandwände und nichttragende Außenwände; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen

DIN 4102 Teil 4 -; Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile
(z.Z. noch Entwurf)

DIN 4102 Teil 5 -; Feuerschutzabschlüsse, Abschlüsse in Fahr-
schachtwänden und gegen Feuer widerstandsfähige
Verglasungen; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen

DIN 4102 Teil 6 -; Lüftungsleitungen; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen

3 Bauunterlagen

Für den rechnerischen Nachweis der erforderlichen Feuerwider-
standsdauer sind Angaben erforderlich über:

- die Nutzung des Gebäudes und der Brandabschnitte;
- die Brandwände (Art, Anordnung und Konstruktion);
- die Brandabschnittsflächen (Lage und Größe);
- die Brandlast in den Brandabschnitten (Art, Verteilung
und Größe) mit Nachweis des m-Faktors;

- die Wärmeabzugsöffnungen mit Nachweis des w-Faktors;

und, wenn vorhanden

- die Rauchabzugseinrichtung (Art, Anordnung und Größe);
- die Werkfeuerwehr;
- Feuerlöscheinrichtungen (z.B. Sprinkleranlage);
- geschlossene Systeme.

4 Ermittlung der bewerteten Brandbelastung, der äquivalenten Branddauer und der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer

4.1 Bewertete Brandbelastung q_r

4.1.1 Allgemeines

Die bewertete Brandbelastung q_r nach Abschnitt 4.1.2 und q_r' nach Abschnitt 4.1.3 ergeben sich aus den Brandbelastungen q und q' (siehe Abschnitt 6) durch Multiplikation mit Faktoren, welche die durch den Brandverlauf bedingte Temperatur-Zeit-Beanspruchung der Bauteile berücksichtigen sollen.

4.1.2 Berechnung von q_r bei gleichmäßig verteilter Brandbelastung

Die bewertete Brandbelastung q_r in kWh/m^2 wird nach folgender Formel errechnet:

$$q_r = q \cdot m \cdot w \quad (1)$$

Darin bedeuten:

- q Brandbelastung des Brandabschnittes in kWh/m^2 nach Abschnitt 6
- m Abbrandfaktor nach Abschnitt 7.2 und Beiblatt 1
- w Wärmeabzugsfaktor nach Abschnitt 7.1 und Tabelle 2

4.1.3 Berechnung von q_r' für Teilbereiche bei ungleichmäßig verteilter Brandbelastung

Ist in einem oder in mehreren Teilbereichen, die nebeneinander oder übereinander in mehreren Geschossen eines Brandabschnitts angeordnet sind, die Brandbelastung so ungleichmäßig verteilt, daß die Teilbelastung $q_i \cdot m_i$ um mehr als 50 % von dem mittleren Wert $q \cdot m$ (siehe Abschnitt 4.1.2) nach oben abweicht, so ist der Teilbereich mit dieser Brandbelastung zu berechnen.

Bei Teilbereichen, die kleiner als 100 m^2 sind, darf die Brandbelastung auf einer Fläche von 100 m^2 als gleichmäßig verteilt angenommen werden.

In Abweichung von der Rechnung nach Abschnitt 4.1.2 darf der Lüftungsfaktor w auf die Teilbereiche bezogen werden, wenn die Brandbelastung der angrenzenden Flächen nicht mehr als 10 % der Brandbelastung des Teilbereiches beträgt.

Bilden mehrere Geschosse einen gemeinsamen Brandabschnitt und wird für eines dieser Geschosse eine erhöhte bewertete Brandbelastung errechnet, so gilt diese auch für das darüberliegende Geschoß, es sei denn, die Summe der Deckenöffnungen (ständig offene Öffnungen) ist $\leq 2 \%$ der Geschoßfläche und die Größe der Fläche der einzelnen Öffnung ist $\leq 20 \text{ m}^2$.

4.2 Äquivalente Branddauer $t_{\text{ä}}$

Die Beziehungen zwischen bewerteter Brandbelastung q_r und der äquivalenten Branddauer $t_{\text{ä}}$ (siehe Abschnitt 1.2) werden durch Multiplikation von q_r mit dem Koeffizienten c (in $\text{Min} \cdot \text{m}^2/\text{kWh}$) nach Abschnitt 7.3 Tabelle 3, der auch die Wärmedämmung der Umfassungs-Bauteile berücksichtigt, hergestellt.

$$t_{\text{ä}} = c \cdot q \cdot m \cdot w = c \cdot q_r \quad (2)$$

Darin bedeuten:

- c Umrechnungsfaktor nach Abschnitt 7.3
- q Brandbelastung des Brandabschnitts in kWh/m^2 nach Abschnitt 6
- m Abbrandfaktor nach Abschnitt 7.2 und Beiblatt 1
- w Wärmeabzugsfaktor nach Abschnitt 7.1 und Tabelle 2
- q_r bewertete Brandbelastung

4.3 Erforderliche Feuerwiderstandsdauer erf F

Die erforderliche Feuerwiderstandsdauer erf F (siehe Abschnitt 1.2) ergibt sich durch Multiplikation der äquivalenten Branddauer t_a mit einem Sicherheitsbeiwert γ (siehe Abschnitt 7.4 Tabelle 4 oder 5) der mittels statistischer Methoden bestimmt ist und der Lage und Größe des Brandabschnitts und die Funktion des Bauteils berücksichtigt sowie ggf. mit dem Zusatzfaktor γ_{nb} , der den Einfluß von Feuerlöscheinrichtungen oder einer anerkannten Werkfeuerwehr berücksichtigt. Somit ergibt sich

$$\text{erf F} = c \cdot q \cdot m \cdot w \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = c \cdot q_r \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_a \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb}$$

Darin bedeuten:

γ Sicherheitsbeiwert nach Abschnitt 7.4

γ_{nb} Sicherheitsbeiwert nach Abschnitt 7.5

(3)

5 Brandabschnitt

5.1 Begriff

Ein Brandabschnitt im Sinne dieser Norm ist ein brandschutztechnisch abgeschlossener Gebäudeteil, der in der Regel in einem Geschoß liegt und der gegenüber anderen Brandabschnitten durch Bauteile nach Abschnitt 7.4.3 abgegrenzt ist. Sind keine angrenzenden Brandabschnitte vorhanden, so wird der Brandabschnitt durch die Außenbauteile begrenzt. Ein Brandabschnitt kann aus mehreren Geschossen bestehen, wenn dies aus betrieblichen Gründen notwendig ist.

5.2 Brandabschnittsfläche A

Als Brandabschnittsfläche A ist bei eingeschossigen Brandabschnitten die Geschoßfläche, bei mehrgeschossigen Brandabschnitten die Summe der zugehörigen Geschoßflächen in m² in Rechnung zu stellen.

Hierzu gehören die Flächen derjenigen Geschosse, die nach Abschnitt 5.3 als Geschosse im Sinne dieser Norm gelten, nicht aber die Flächen, die nach Abschnitt 5.3 als Öffnungen zählen.

5.3 Anzahl der Geschosse

Soweit in bauaufsichtlichen Vorschriften nichts anderes bestimmt ist, sind zur Ermittlung der zulässigen Brandabschnittsflächen alle Vollgeschosse auf die Anzahl der Geschosse anzurechnen. Keller-, Installations- und nutzbare Dachgeschosse sind auf die Anzahl der Geschosse anzurechnen, wenn sie keinen eigenen Brandabschnitt bilden. Vertiefte Arbeitsstände und Arbeitsgruben, die in offener Verbindung mit dem zugehörigen Geschoß stehen, sowie Umgänge bis zu 2 m Breite gelten nicht als Geschosse.

Decken oder Bühnen, die durch Gitterroste oder durch mit Zwischenräumen verlegte Bohlen, Balken oder Träger gebildet sind, zählen als Öffnungen.

6 Brandbelastung q

6.1 Begriff

Die Brandbelastung q entspricht der Wärmemenge sämtlicher nach Abschnitt 6.2 anzurechnenden brennbaren Stoffe in einem Brandabschnitt, bezogen auf die rechnerische Brandabschnittsfläche A . Sie wird ausgedrückt in kWh je m^2 Brandabschnittsfläche.

6.2 Erfassung der brennbaren Stoffe

6.2.1 Zu berücksichtigen sind brennbare Betriebs- und Lagerstoffe, Verpackungen sowie brennbare Baustoffe einschließlich Bekleidungen (Baustoffe Klassen B nach DIN 4102 Teil 1).

Soweit in bauaufsichtlichen Vorschriften nichts anderes bestimmt ist, ist mindestens eine Brandbelastung von 40 kWh/m^2 zugrunde zu legen, wobei das Abbrandverhalten (m -Faktor siehe Abschnitt 7.2) nicht mehr zu berücksichtigen ist.

6.2.2 Zu berücksichtigen sind auch brennbare Stoffe in geschlossenen Behältern oder Systemen, die wie folgt unterschieden werden können:

- a) brennbare Stoffe, die sich in geschlossenen, ausreichend unterteilt ins Freie entlüftbaren Systemen (z.B. in Rohrleitungen oder Behältern) aus Stahlblech oder anderen im Brandverhalten vergleichbaren Stoffe befinden, soweit daneben offene Brandlasten im Brandabschnitt vorhanden sind.
- b) brennbare Stoffe, die sich sämtlich in solchen geschlossenen Systemen befinden, soweit daneben keine offene Brandlast im Brandabschnitt vorhanden ist.

Näherungsweise kann folgende Kombinationsregel der Brandbelastung angenommen werden:

$$q_{rges} = 1,0 q_{ru} + \sum_i \psi_{gi} \cdot q_{rgi} \quad (4)$$

Darin bedeuten:

q_{ru} ungeschützte bewertete Brandbelastung;

q_{rgi} geschützte bewegliche (gegen Entzündung gesicherte) bewertete Brandbelastung.

Die Kombinationsbeiwerte ψ_{gi} ergeben sich aus Tabelle 1.

Tabelle 1: Kombinationsbeiwerte ψ_{gi} für Brandlasten

	1	2	3	4
	Zündwahrscheinlichkeit		ψ_{gi}	
	Zusätzliche offene Brandlast	Zusätzl. Isolierung	Behälter mit der größten bewerteten Brandlast	jeder weitere Behälter
1	vorh.	keine	0,75	0,60
2	keine	keine	0,65	0,50
3	vorh.	vorh.	0,55	0,45
4	keine	vorh.	0,45	0,35
5	keine	Doppelisol. Kühlung u.a.	0,35	0,25

6.2.3 Für nicht entlüftete Behälter mit einem Inhalt ≥ 200 l brennbare Stoffe sind die Kombinationsbeiwerte ψ_{gi} der Tabelle 1, Zeilen 1 und 2, Spalten 3 und 4, um 0,10 erhöht maßgebend.

6.2.4 Unberücksichtigt bleiben:

- Stoffe, die in einem Zustand verarbeitet oder bevorratet werden, bei dem eine Entzündung ausgeschlossen ist (z.B. brennbare Stoffe in ständig wassernassem Zustand).
- Ohne Hohlräume auf Massivdecken verlegte Fußböden.
- Brennbare Bestandteile von Bauteilen, die der geforderten Feuerwiderstandsdauer, mindestens aber einer Dauer von 30 Minuten, entsprechen, sofern durch Ummantelung aus nichtbrennbaren Baustoffen die brennbaren Teile während der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer nicht zur Brandlast beitragen.

6.3 Berechnung der Brandbelastung

Die Brandbelastung q in kWh/m^2 wird nach folgender Formel berechnet:

$$q = \frac{\sum (M_i \cdot H_{ui})}{A} \quad (5)$$

Darin bedeuten:

- M_i Masse des einzelnen brennbaren Stoffes in kg (siehe z.B. DIN 1055 Teil 1)
- H_{ui} Heizwert des einzelnen brennbaren Stoffes in kWh/kg; ermittelt nach DIN 51 900 (siehe auch Tabelle 2)
- A rechnerische Brandabschnittsfläche in m^2 (siehe Abschnitt 5.2)

Anmerkung ((kursiv)): Wird die Brandbelastung q_t auf die Fläche aller Umfassungsbauteile A_t bezogen, so kann über den Faktor A_t/A auf q umgerechnet werden, ebenso mit A/A_t von q auf q_t .

7 Bewertungs- und Sicherheitsfaktoren

7.1 Wärmeabzugsfaktor w

7.1.1 Begriff

Der Wärmeabzugsfaktor w ist ein Beiwert, mit dem die Brandlast zu multiplizieren ist, um die durch die unterschiedlichen Ventilationsbedingungen zu erwartende Erhöhung oder Abminderung der Bauteilbeanspruchung zu berücksichtigen. Er ist abhängig von dem Verhältnis der bewerteten Öffnungsfläche zur Brandabschnittsfläche. Sofern kein genauer Nachweis geführt wird, kann er aus Tabelle 2 entnommen werden.³⁾ Zwischen den Werten darf interpoliert werden.

Der Wärmeabzugsfaktor w ist gleich $w' \cdot \gamma_w$

3) Hierzu ist eine Norm in Vorbereitung.

Tabelle 2: Wärmeabzugsfaktor w

	1	2	3	4	5	6	7
	$A_v : A_{v,h^{(4)}} : A$	bis 0,05	> 0,05 bis 0,10	> 0,10 bis 0,15	> 0,15 bis 0,20	> 0,20 bis 0,25	> 0,25
1	Räume mit einseitiger Öffnung ohne weiteren Luftzutritt	3,2	2,0	1,5	1,2	1,0	0,9
2	Räume mit einseitiger Öffnung mit weiterem Luftzutritt durch Öffnungen in den anschließenden Seiten	2,2	1,5	1,0	0,9	0,7	0,6
3	Räume mit Querlüftung (Öffnungen in gegenüberliegenden Seiten) oder Dachentlüftung	1,8	1,2	0,9	0,7	0,6	0,5

⁴⁾ $A_{v,h} = A_v + k_f \cdot A_h$ (siehe Bild 1)

Anmerkung ((kursiv)): Der Wärmefaktor w ist

$w = w' \cdot \sqrt{w'}$ $= w' \cdot \gamma_{w'}$
 Ausgehend von Spalte 6 ($w' = 1,0$ für $A_v/A = 0,25$) sind w' -Faktoren durch Multiplikation mit dem Faktor $\sqrt{0,25 \cdot A/A_v}$ ermittelt worden. Die w -Werte beinhalten außerdem bereits einen Teil-Bewertungsfaktor $\gamma_w = \sqrt{w'}$ zur Berücksichtigung des Einflusses der Ventilation auf die Brandbekämpfung, um die Berechnung des Bewertungsfaktors γ nicht zu erschweren.

Die w' -Faktoren der Zeile 1 dürfen bis zur Herausgabe einer eigenen Norm³⁾ aus der Formel

$$w' = \frac{A}{\sqrt{A_t \cdot A_v \cdot \sqrt{h}}}$$

bestimmt werden, sobald $H \gg 3,5$ m oder $h \gg 2$ m wird.

Dabei bedeuten:

H lichte Höhe des Geschosses bzw. Brandabschnittes

A rechnerische Brandabschnittsfläche in m^2

A_t umhüllende Fläche aller Begrenzungsbauteile des Brandabschnitts einschließlich der Öffnungen in den Umfassungsbauteilen in m^2 .

A_v Fläche der vertikalen Öffnungen

$h = \frac{\sum A_{v_i} \cdot h_i}{\sum A_{v_i}}$ als gewichtete Öffnungshöhe in m (6)

A_{v_i} Fläche jeder Öffnung i in den Außenwänden des Brandabschnitts in m^2 und

h_i die Höhe dieser Öffnung in m

((kursiv Ende))

³⁾ siehe Seite 14

7.1.2 Bewertete Öffnungsfläche

7.1.2.1 Ermittlung der Öffnungsflächen

Als Öffnungsfläche darf die Gesamtfläche aller ins Freie führenden Öffnungen in einem Brandabschnitt in Ansatz gebracht werden.

7.1.2.2 Bewertung nach Art der Öffnungsflächen

Als Öffnungsflächen gelten:

- a) ständig vorhandene Öffnungen
- b) Öffnungen, die mit Klappen versehen sind, die sich bei Rauch- oder Wärmeeinwirkung selbsttätig öffnen ⁵⁾
- c) Öffnungen, die mit Stoffen abgedeckt oder verschlossen sind, die bei der Brandbeanspruchung im vergleichbarem Zeitraum wie Fensterglas zerstört werden.

7.1.2.3 Bewertung nach Lage der Öffnungsflächen

Öffnungen in den Wänden werden 1fach (Fläche A_v in m^2) und Öffnungen im Dach (Fläche A_h in m^2) k_f -fach bewertet. In mehrgeschossigen Brandabschnitten und ihren Teilbereichen dürfen Öffnungen in Decken ebenfalls k_f -fach bewertet werden, wenn mindestens gleichgroße und übereinanderliegende Öffnungen in allen Decken darüber und im Dach vorhanden sind.

Die k_f -Werte dürfen dem Diagramm im Anhang entnommen werden.

Hierin bedeuten:

- A_h Flächen der horizontalen Öffnungen in m^2
- A_v Flächen der vertikalen Öffnungen in m^2
- h gewichtete Höhe der senkrechten Öffnungen in m
- h_1 senkrechter Abstand zwischen dem Mittelpunkt der senkrechten Öffnung und der Ebene der waagerechten Öffnung bzw. der Mittelebene einer um mindestens 45° geneigten Öffnung in m.

5) siehe DIN 18 232 Teil 1 (z.Z. noch Entwurf)

7.1.3 Berechnung bei mehrgeschossigen Brandabschnitten

Bei mehrgeschossigen Brandabschnitten ist für jedes Geschoß das Verhältnis der bewerteten Öffnungsfläche zur Geschoßfläche gesondert zu ermitteln. Ergeben sich hierbei nach Tabelle 2 für w unterschiedliche Werte, so ist mit einer Berechnung nach Abschnitt 3.3 unter Berücksichtigung der jeweils vorhandenen Brandlast zu prüfen, ob sich für einzelne Geschosse eine höhere erforderliche Feuerwiderstandsdauer ergibt.

Errechnet sich hierbei jedoch eine niedrigere als die durchschnittliche Feuerwiderstandsdauer, so darf diese nur angewendet werden, wenn es sich um das oberste Geschoß eines Gebäudes ohne anschließenden Dachraum handelt.

7.2 Abbrandfaktor m

Der Abbrandfaktor m ist ein Beiwert, mit dem die Brandbelastung zur Berücksichtigung des Brandverhaltens der brennbaren Stoffe in der jeweiligen Art, Form und Verteilung zu multiplizieren ist. Der Abbrandfaktor m kann nach DIN 18 230 Teil 2 (z.Z. noch Entwurf) bestimmt werden, soweit er nicht in Beiblatt 1 angegeben ist.

Sind in einem Brandabschnitt Brandbelastungen mit unterschiedlichen m -Faktoren vorhanden, so ergibt sich - unbeschadet des Abschnitts 4.1.3 - der mittlere Abbrandfaktor zu

$$m_m = \frac{\sum (M_i \cdot H_{ui}) \cdot m_i}{\sum (M_i \cdot H_{ui})}$$

m_i Abbrandfaktoren der verschiedenen Brandlasten

7.3 Umrechnungsfaktor c

Der Umrechnungsfaktor c in $\text{Min m}^2/\text{kWh}$ zur Ermittlung der dem Versuchsbrand nach DIN 4102 Teil 2 äquivalenten Branddauer t_a ergibt sich aus Tabelle 3. Mit ihm wird auch der Einfluß der Wärmedämmung der Umfassungsbauteile berücksichtigt. Zwischen den Werten darf interpoliert werden.

Tabelle 3: c-Faktoren

Wärmedämmung des Brandabschnitts		c in Min m ² /kWh
1	ohne	0,15
2	normal *)	0,20
3	hoch	0,25
*) Wärmedämmung aller Umfassungsbauteile nach DIN 4108 Beiblatt 1, soweit sie nicht weitgehend bei Brandeinwirkung verloren geht.		

7.4 Sicherheitsbeiwert γ

Der einer ausreichenden Zuverlässigkeit zugeordnete Sicherheitsbeiwert γ mit dem die äquivalente Branddauer t_a (in Minuten) zu multiplizieren ist, um die erforderliche Feuerwiderstandsdauer t_{erf} (in Minuten) zu erhalten, ergibt sich aus Tabelle 4 (eingeschossige Hallen) und Tabelle 5 (mehrgeschossige Industriebauten), sofern kein genauere Nachweis geführt wird. Nach der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer ist die zugehörige Feuerwiderstandsklasse (F, W, L, T, K) nach DIN 4102 Teile 2 bis 6 zu wählen.

Dabei werden die Bauteile in folgende Sicherheitsklassen für den Brandfall SK_b eingestuft:

- SK_b 4 Brandabschnittswände;
- SK_b 3 Bauteile des Haupttragwerkes,
Brandabschnittsdecken und
Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken;

SK_b 2 Sonstige bedeutsame Bauteile, wie z.B.

- Decken, die nicht zum Haupttragwerk zählen,
 - Feuerschutzabschlüsse in Bauteilen, die Brandabschnitte begrenzen,
 - Feuerschutzabschlüsse mit einer Größe $\geq 3 \text{ m}^2$ in Bauteilen mit geforderter Feuerwiderstandsklasse,
 - Lüftungsleitungen, die Bauteile mit geforderter Feuerwiderstandsdauer überbrücken,
 - Brandschutzklappen
- sowie
- nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken.

SK_b 1 Bauteile von untergeordneter Bedeutung, wie z.B.

- nichttragende Außenwände,
- Brüstungen,
- Feuerschutzabschlüsse mit einer Größe $< 3 \text{ m}^2$.

7.4.1 Eingeschossige Hallen

Für eingeschossige Hallen ist Tabelle 4 maßgebend.

Es darf linear interpoliert werden.

Tabelle 4: Sicherheitsbeiwert γ für eingeschossige Hallen unter Berücksichtigung der Brandbelastung für die Bemessung

	1	2	3	4	5
	Geschoßfläche des Brandabschnittes	Sicherheitsklassen für den Brandfall			
	in m ²	SK _b 4	SK _b 3	SK _b 2	SK _b 1
1	≤ 1000	1,80	1,00	0,70	0,50
2	≤ 1600	1,80	1,15	0,85	0,60
3	≤ 3000	1,80	1,30	1,00	0,70
4	≤ 5000	1,80	1,50	1,15	0,85
5	≤ 7000	1,80	1,60	1,25	0,95
6	≤ 10000	1,80	1,70	1,35	1,05
7	≤ 15000	1,80	1,80	1,45	1,15
8	≤ 20000	1,90	1,90	1,55	1,25
9	≤ 30000	2,00	2,00	1,65	1,35
10	> 30000	2,20	2,20	1,80	1,50

7.4.2 Mehrgeschossige Industriebauten

Für mehrgeschossige Industriebauten ist Tabelle 5 maßgebend.
Es darf linear interpoliert werden.

Tabelle 5: Sicherheitsbeiwert γ für mehrgeschossige Industriebauten

	1	2	3	4	5
	Gesamtgeschoß- fläche des Brand- abschnittes	Sicherheitsklassen für den Brandfall			
	in m ²	SK _b 4	SK _b 3	SK _b 2	SK _b 1
1	≤ 1000	1,80	1,15	0,80	0,55
2	≤ 1600	1,80	1,30	0,95	0,60
3	≤ 3000	1,80	1,45	1,15	0,80
4	≤ 5000	1,80	1,60	1,25	0,95
5	≤ 7000	1,80	1,70	1,35	1,05
6	≤ 10000	1,80	1,80	1,45	1,15
7	≤ 15000	1,90	1,90	1,55	1,25

7.5 Sicherheitsbeiwert γ_{nb}

Der Zusatzsicherheitsbeiwert γ_{nb} zur Beurteilung des Einflusses einer geeigneten Feuerlöschanlage (siehe Abschnitt 7.6) und einer anerkannten Werkfeuerwehr (siehe Abschnitt 7.7) ergibt sich für alle Brandsicherheitsklassen aus Tabelle 6, sofern kein genauerer Nachweis geführt wird. Diese Abminderung gilt nicht für Brandwände.

Tabelle 6: Zusatz-Sicherheitsbeiwert γ_{nb} (Höchstabminderung)

	1	2	3
	Anerkannte Werk- feuerwehr mit	Werkfeuerwehr	Werkfeuerwehr und Feuerlöschanlagen
1	1 Löschereinheit	0,9	0,55
2	2 Löschereinheiten	0,8	0,5
3	3 Löschereinheiten	0,7	0,4
4	4 Löschereinheiten	0,6	0,35

Für eine geeignete Löschanlage allein kann $\gamma_{nb} = 0,6$ angenommen werden.

7.6 Feuerlöschanlagen

Es dürfen nur Feuerlöschanlagen mit über die Räume gleichmäßig verteilten Düsen o.ä. angerechnet werden, die für die Löschung den vorhandenen Brandlast geeignet sind und entsprechend der anerkannten technischen Regeln bemessen, angeordnet und betrieben werden. Sie müssen regelmäßig gewartet werden.

7.7 Anerkannte Werkfeuerwehr

7.7.1 Eine Werkfeuerwehr mit der in den folgenden Absätzen genannten Stärke und Ausrüstung kann berücksichtigt werden, wenn diese nach landesrechtlichen Vorschriften anerkannt ist.

7.7.2 Die Stärke der Feuerlöschkräfte wird nach der Anzahl der im Werk einsatzbereiten Löscheinheiten bewertet. Soweit die Mannschaften von Löscheinheiten aus nebenberuflichen Kräften bestehen, dürfen diese nur zur Hälfte angerechnet werden.

7.7.3 Eine Löscheinheit im Sinne dieser Norm ist eine Löschgruppe mit der Mindeststärke 1 (Führer) : 8 (Mann) und der Mindestausrüstung eines genormten Löschgruppenfahrzeuges.

Für jede Löscheinheit muß eine Löschwassermenge von mindestens 1.600 l/min aus einer Druckleitung zur Verfügung stehen.

7.7.4 Bei 2 oder 3 Löscheinheiten darf 1, bei 4 Löscheinheiten dürfen 2 Löscheinheiten als Löschstaffel ausgerüstet sein. Eine Löschstaffel hat die Mindeststärke von 1 (Führer) : 5 (Mann) in Verbindung mit der Mindestausrüstung eines Tanklöschfahrzeuges.

7.7.5 Als Löscheinheit dürfen ausschließlich Löschstaffeln nach Abschnitt 7.7.4 angerechnet werden, wenn für diese Löschstaffel mindestens 3.200 l/min Löschwasser aus einer Druckleitung in Verbindung mit entsprechenden Feuerlöschpumpen und Strahlrohre (Werfern) zur Verfügung stehen.

8 Ermittlung der Feuerwiderstandsklassen F

Die entsprechenden Feuerwiderstandsklassen der Bauteile (siehe DIN 4102 Teile 2 bis 6) ergeben sich aufgrund der ermittelten Feuerwiderstandsdauer erf F.

Bei Gebäuden mit mehr als 5 Vollgeschossen sowie bei Gebäuden mit 3 bis 5 Vollgeschossen, wenn die durchschnittliche Belegung des Brandabschnitts ≥ 7 Personen /100 m² beträgt, ist für SK_b 3 mindestens von der Feuerwiderstandsklasse F 30 auszugehen.

Anmerkung ((kursiv)): Vereinfachend können näherungsweise die Feuerwiderstandsklassen aufgrund der für SK_b 3 errechneten erforderlichen Feuerwiderstandsdauer nach Anlage 1 ermittelt werden, sofern nach bauaufsichtlichen Vorschriften nichts anderes bestimmt ist.

Wird bei eingeschossigen Gebäuden auf die Anforderungen an die Feuerwiderstandsdauer verzichtet, so empfehlen sich die in Anlage 3 genannte Maßnahmen, sofern nach bauaufsichtlichen Vorschriften nichts anderes bestimmt ist. ((Ende kursiv))

9 Zulässige Brandabschnitts- und Geschoßflächen sowie Geschoßzahlen der Brandabschnitte

Die zulässigen Brandabschnittsflächen und die zulässigen Geschoßflächen innerhalb eines Brandabschnittes richten sich nach der Geschoßzahl des Gebäudes und des Brandabschnittes sowie nach der für SK_b 3 erforderlichen Feuerwiderstandsdauer des Brandabschnittes, ggf. auch nach dem Vorhandensein einer Feuerlösch-einrichtung entsprechend Abschnitt 7.6.

Soweit bauaufsichtliche Vorschriften nicht anderes bestimmen, kann die zulässige Brandabschnittsgröße aus der Formel

$$A = \frac{300\ 000}{\text{erf F} \cdot \sqrt{n_g} \cdot \sqrt{n_B}} \quad (8)$$

ermittelt werden.

Darin bedeuten:

F_{erf} erforderliche Feuerwiderstandsdauer für SK_b 3

n_g Zahl der Geschosse des Gebäudes

n_B Zahl der Geschosse des Brandabschnittes

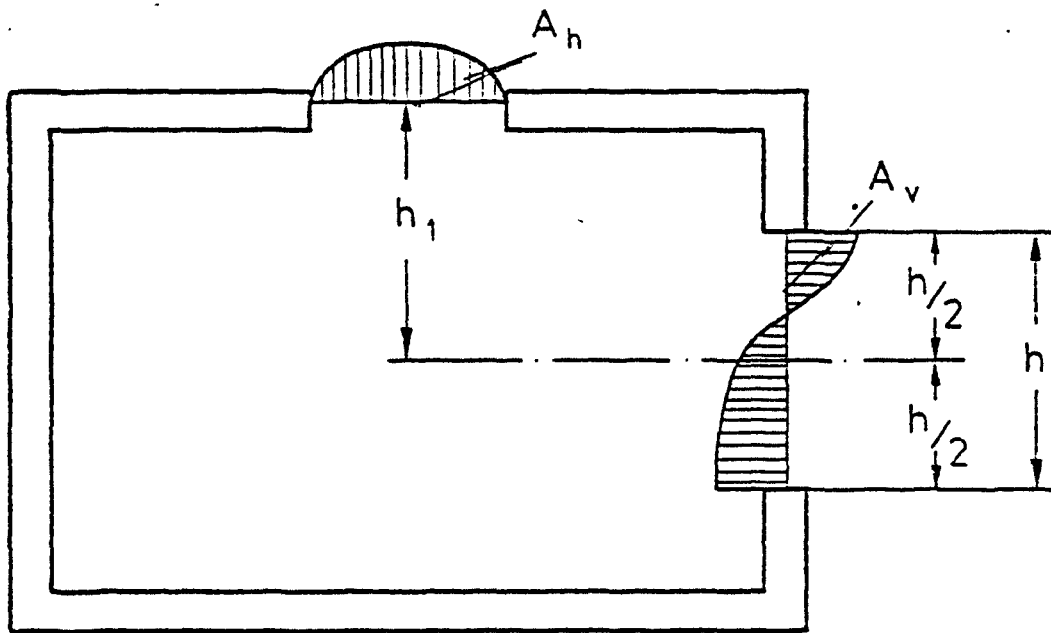
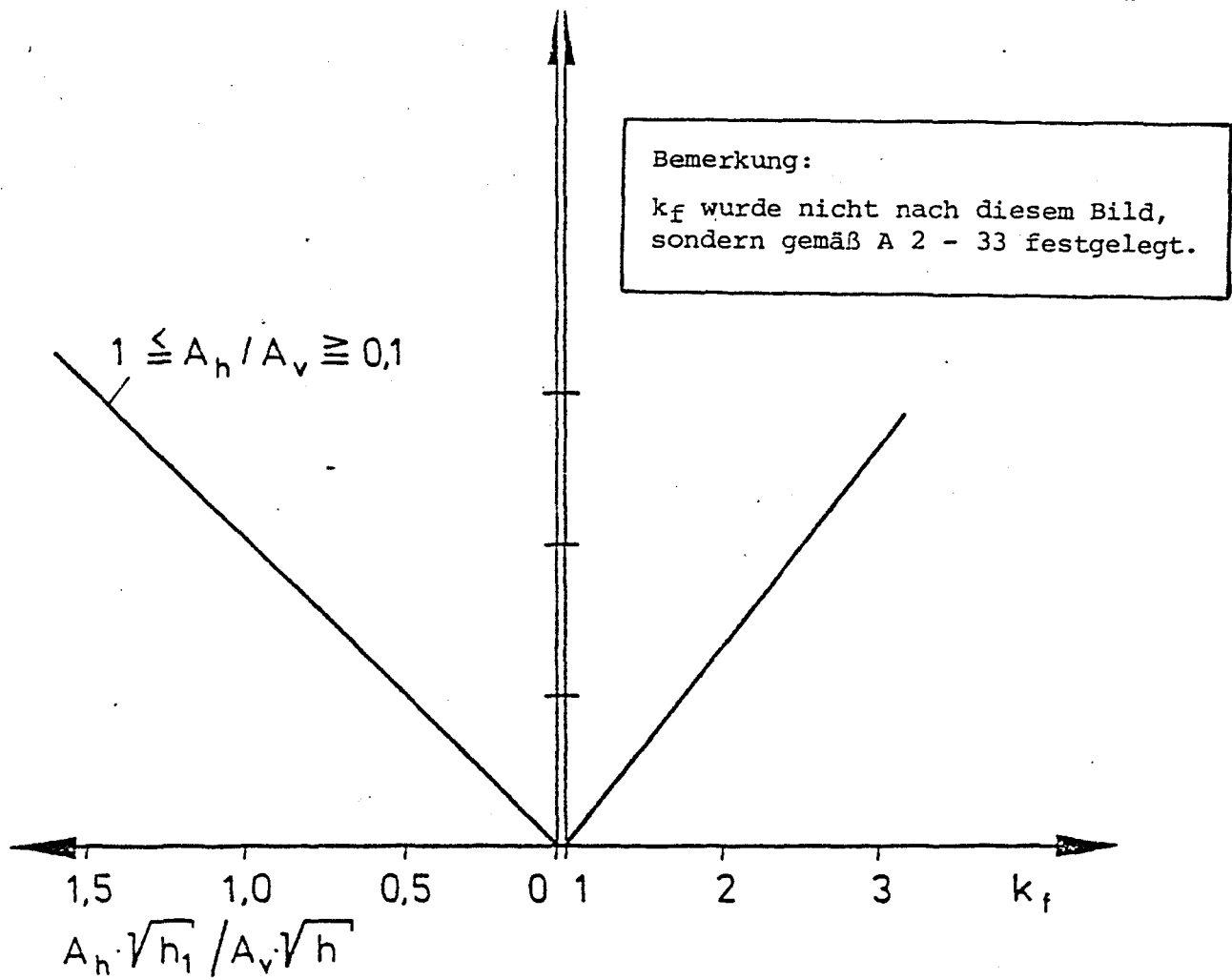
Bei Anordnung einer Feuerlöschanlage nach Abschnitt 7.6 darf $n_B = 1$ gesetzt werden. Wird die Bemessungsbranddauer ohne Berücksichtigung einer vorhandenen Feuerlöschanlage ermittelt, so darf die nach Gleichung 8 ermittelte Brandabschnittsfläche bis auf das 2,5 fache erhöht werden.

Anmerkung ((kursiv)): Diese Angaben bilden die Grundlage der in Anlage 2 zusammengestellten Brandabschnittsflächen.

10 Hinweisschild

Soweit nach bauaufsichtlichen Vorschriften ein Schild über die Brandschutzbemessung gefordert wird, ist dieses entsprechend DIN 4844 Teil 1 auszuführen.

Anmerkung ((kursiv)): Der Betreiber ist verpflichtet, durch eine entsprechende Betriebsanweisung dafür zu sorgen, daß die für die Bemessung nach DIN 18 230 zugrundegelegte höchstzulässige rechnerische Brandbelastung nicht überschritten wird.

Diagramm zur Berechnung des Koeffizienten k_f

Erläuterungen

Diese Norm kann für Industriebauten (Geltungsbereich siehe Fußnote Seite 2), ggf. auch für vergleichbare Bauten angewendet werden. Werden zusätzliche Brandschutzmaßnahmen getroffen, die über die Voraussetzungen zu dieser Norm hinausgehen, so können andere Maßnahmen, ggf. auch Erleichterungen möglich werden.

Die physikalische Wirkung der Brandbelastung, sonst nur über komplizierte Wärmebilanzrechnungen mit Ermittlung der Temperaturfelder u.a. in den Bauteilen möglich, wird hier aufgrund der Ergebnisse weltweiter Forschungen näherungsweise ermittelt.

Die Sicherheitsanalyse geht auf die Vorschläge von Cornell/Basler zurück, die im "Model-Code I" "Einheitliche Regeln für verschiedene Bauarten und Baustoffe" und in den entsprechenden deutschen Sicherheitsempfehlungen "Grundlagen für die Festlegung von Sicherheitsanforderungen für bauliche Anlagen" (Fassung November 1977) niedergelegt sind. Daraus wurden entsprechende Sicherheitsgrundsätze für den konstruktiven baulichen Brandschutz abgeleitet, die dem NABau-Arbeitsausschuß "Baulicher Brandschutz im Industriebau" bei seinen Beratungen vorlagen (Titel "Grundlagen zur Festlegung von Sicherheitsanforderungen im konstruktiven baulichen Brandschutz" - 3. Fassung November 1977). Sie werden in Kürze veröffentlicht.

Entsprechend ihrer Funktion sind die Bauteile dabei in vier Brandsicherheitsklassen (SK_b) eingestuft worden. Anhang 1 zeigt als Beispiel, wie man hieraus abgeleitet aus SK_b 3 (Haupttragwerk) näherungsweise Brandschutzklassen entwickeln kann, denen entsprechend der Funktion der Bauteile Feuerschutzklassen zugeordnet sind.

Es wurde empfohlen, diesen Vorschlag in geeigneter Form in das Muster einer Industriebauverordnung (in Vorbereitung) zu übernehmen; auch die Anhänge 2 und 3 stellen Empfehlungen zur Übernahme in dieses Muster dar. Die endgültigen Fassungen von Norm und Muster der Industriebauverordnung werden zu gegebener Zeit erneut aufeinander abgestimmt.

Im übrigen sollte sich die künftige Industriebauverordnung voll auf DIN 18 230 abstützen und weitgehend auf technische Einzelheiten verzichten, zumal in der Norm nur Regelungen getroffen werden können, die auch die Billigung aller an der Normungsarbeit zu Beteiligten, also auch der Bauaufsicht gefunden haben.

Anlage 1 Erforderliche Feuerwiderstandsklasse der Bauteile für
Industriebauten (Beispiel für Anforderungstabellen)

Zeile	Brandschutz- klasse BK	Ermittelte Feuer- widerstandsdauer für SK _{b3} in Minuten	SK _{b4}	SK _{b3}	SK _{b2}	SK _{b1}	Benennung der Brandbeanspruchung
Spalte		1	2	3	4	5	6
1	I	≤ 15	F 30 ^{*)}	keine Anforderungen an die Feuerwiderstandsdauer *)			sehr gering
2	II	> 15 bis ≤ 30	F 60 ^{*)}	F, L 30	F, W, T, L, K 30	keine Anforderungen a.d. FW-Dauer	gering
3	III	> 30 bis ≤ 60	F 90	F, L 60	F, W, T ^{**)} , L, K 60	F, T, W 30	normal
4	IV	> 60 bis ≤ 90	F 120	F, L 90	F, W, T ^{**)} , L, K 60	F, T ^{**)} , W 60	groß
5	V	> 90 bis ≤ 120	F 180	F, L 120	F, W, T ^{**)} , L, K 90	F, T ^{**)} , W 60	sehr groß

^{*)} Nach den bauaufsichtlichen Vorschriften - höhere Anforderungen, z.B. bei Brandabschnittswänden F 90 - A nach DIN 4102 Teil 3

^{**)} Ab T 60 auch 2 x T 30 mit Sicherheitsschleuse

Bemerkung: > F 90 mindestens in Ausführung AB nach DIN 4102 Teil 2, bei SK_{b4} in Ausführung A nach DIN 4102 Teil 3

Anlage 2: Zulässige Flächen eingeschossiger Brandabschnitte und zulässige Geschoßflächen der einzelnen Geschosse mehrgeschossiger Brandabschnitte in m²

	1	2	3	4	5	6	7
	Geschoßzahl des Gebäudes	Brandabschnitts	BK I	BK II	BK III	BK IV	BK V
1	1	1	20.000	10.000	5.000	3.300	2.500
2	2	1	14.000	7.000	3.600	2.300	1.800
		2	10.000	5.000	2.500	1.700	1.200
3	3	1	11.500	5.800	2.900	1.900	1.400
		2	8.200	4.100	2.000	1.300	1.000
		3	6.600	3.300	1.700	1.000	---
4	4	1	10.000	5.000	2.500	1.700	1.200
		2	7.000	3.500	1.800	1.200	900
		3	5.800	2.900	1.400	---	---
		4	5.000	2.500	---	---	---
5	5	1	9.000	4.500	2.200	1.600	1.100
		2	6.300	3.200	1.600	1.100	---
		3	5.200	2.600	1.300	---	---
		4	4.500	---	---	---	---
6	6	1	8.200	4.100	2.000	1.400	1.000
		2	5.800	2.900	1.400	1.000	---
		3	4.700	2.300	---	---	---
7	7	1	7.500	3.800	1.900	1.300	900
		2	5.400	2.700	1.300	---	---
		3	4.400	---	---	---	---
8	8	1	7.000	3.500	1.800	1.200	850
		2	5.000	2.500	---	---	---
		3	4.000	---	---	---	---

Anlage 3 Zulässige Abmessungen der Brandabschnitte für eingeschossige Gebäude

A_h = erforderliche Wärmeabzugsfläche im Dach in v.H. bezogen auf die Brandabschnittsflächen

oB = ohne Begrenzung

Voraussetzung für die Anwendung dieser Werte ist:

1. Die Brandabschnitte müssen von beiden Längsseiten für den Lösch-einsatz zugänglich sein. Ist ein Löschangriff nur von einer Seite möglich, so ist die zulässige Brandabschnittsbreite um die Hälfte zu verringern. Jeder Brandabschnitt muß für sich standsicher sein.
2. Ist ein Brandabschnitt größer als $20\,000\text{ m}^2$, so ist der Raum unter dem Dach in Abschnitte von höchstens $2\,500\text{ qm}$ Größe zu unterteilen. Für jeden Abschnitt ist im Dach eine Rauchabzugsfläche von 0,5 v.H. der Abschnittsfläche erforderlich. Sind Sprinkler- oder Spülwasseranlagen vorhanden, dann sind Unterteilungen des Raumes unter dem Dach nach Satz 1 erforderlich, sofern der Brandabschnitt größer als $50\,000\text{ qm}$ ist.

Brandabschnitte ohne Sprinkler- oder Sprühwasseranlagen					Brandabschnitte mit Sprinkler- oder Sprühwasseranlagen			
BK	Länge a (m)	Breite b (m)	F (m) ²	A_h %	Länge a (m)	Breite b (m)	F (m) ²	A_h %
I	oB	oB	oB	-	oB	oB	oB	-
II	oB	60	5000	3	oB	80	12500	2
III	60 ¹⁾	50	X	3	oB	60 ¹⁾	4800 (6400) ²⁾	2
IV	40 ¹⁾	40	X	4	oB	40 ¹⁾	3200 (4800) ²⁾	3
V	40 ¹⁾	40	X	5	oB	40 ¹⁾	3200 (4800) ²⁾	4

1) Sofern der Abstand zum nächsten Gebäude mehr als 40 m beträgt oder mindestens ein Wasserwerfer und mehr als 4800 l/min. Löschwasser zur Verfügung stehen, erhöhen sich diese Werte um höchstens 20 m.

2) Die ()-Werte gelten unter den in Fußnote 1 genannten Voraussetzungen.

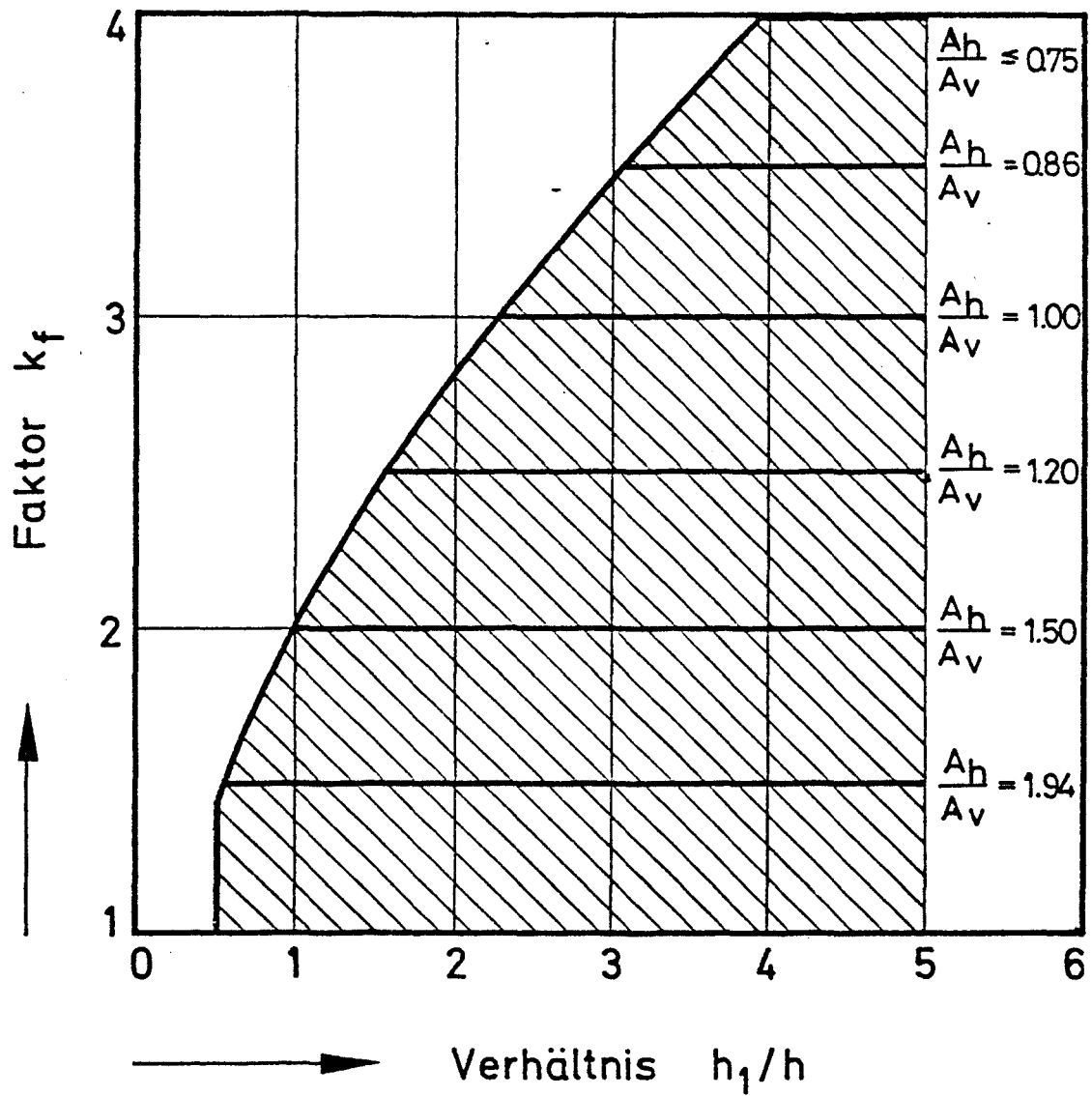


Diagramm zur Ermittlung von k_f bei Dachentlüftung
(s. auch A 2 - 27)

A 3. Zusammenstellung der verwendeten Heizwerte und m-Faktoren

Lfd. Nr.	Material	Lagerungs- dichte	m-Faktor	H _u
		% +)	-	kWh/kg
1	Holz und Holzwerkstoffe			
1.1	Fichtenholz			
1.1.1	Bretter	50 70	1,0 0,8	4,8
1.1.2	Kanthölzer 40 mm x 40 mm	50	1,0	4,8
1.1.3	Kanthölzer 100 mm x 100 mm	50 90	0,7 0,5	4,8
1.1.4	Kanthölzer 200 mm x 200 mm	50 95	0,3 0,2	4,8
1.1.5	Kanthölzer 500 mm x 500 mm	50 98	0,2 0,2	4,8
1.1.6	Rundholz, geschält Ø 150/300 mm	50	0,5	4,8
1.1.7	Holzwolle lose gepreßt	8 60	1,0 0,2	4,7
1.1.8	Spanplatten (DIN 4102 - B 2)	99	0,2	4,8
2	Papier, Karton			
2.1	Schreibpapier	100	0,2	3,8
2.2	Karton, Packpapier in Ballen	90 100	0,2 0,2	4,2 4,2
2.3	Papierrollen, stehend liegend	75 75	0,2 0,2	4,2
2.4	Sanitärkrepppapier in Rollen in Ballen verpackt	80	1,7	3,7

+) Lagerungsdichte = Materialvolumen/Gesamtvolumen
oder = Schüttdichte/Rohdichte

Lfd. Nr.	Material	Lagerungs- dichte	m-Faktor	H _u
		% +)	-	kWh/kg
3	Textile Erzeugnisse			
3.1.	Baumwolle			
	Gewebeballen		0,4	4,3
	Fasern zu Ballen verpreßt		0,2	4,3
3.2	Polyamidfasern zu Ballen verpreßt			
3.3	Polyacrylnitril zu Ballen verpreßt			
	Fasern ohne Brandschutzausrüstung		0,8	8,2
	Fasern mit Brandschutzausrüstung		0,2	6,6
3.4	Fasergemisch zu Ballen verpreßt aus Baumwolle, Polyamid, Poly- acrylnitril		0,8	
4	Kunststoffe			
4.1	Polyäthylen			
4.1.1	Granulat in Säcken gestapelt		0,8	12,2
4.1.2	Formteile (leere Bierkästen) gestapelt		0,5	12,2
4.2	Polystyrol			
4.2.1	Hartschaum (DIN 4102 - B 3) PS 20	100	0,8	11,0
4.2.2	Hartschaum (DIN 4102 - B 1) PS 20 SE	100	0,4	11,0

+) Fußnote siehe A 3 - 1

Lfd. Nr.	Material	Lagerungs- dichte	m-Faktor	H _u
		% +)	-	kWh/kg
4.3	Polyisocyanate			
4.3.1	PUR-Hartschaum mit Brand- schutzausrüstung	100	0,3	6,7
4.3.2	PIR-Hartschaum mit Brand- schutzausrüstung	100	0,2	6,7
4.4	Polycarbodiimid Hartschaum	100	0,2	8,6
4.5	Ungesättigte Polyesterharze, glasfaserverstärkt			
4.5.1	Profilstäbe lose gestapelt		0,7	5,3
5	Feste Brennstoffe			
5.1	Braunkohlebriketts lose geschüttet	60	0,3	5,8
6	Brennbare Flüssigkeiten in offener Wanne			
6.1	Chlorbenzol	-	0,5	11,2
6.2	Cyclohexan	-	0,6	8,9
6.3	Dimethylformanid	-	1,3	6,1
6.4	Glycol	-	1,3	4,6
6.5	Heizöl EL	-	0,4	11,7
6.6	Heizöl S	-	0,5	11,4
6.7	Isopropylalkohol	-	1,2	7,5
6.8	Methynol	-	1,0	5,4
6.9	Terpentin	-	0,6	11,5
6.10	Xylol	-	0,4	11,1

+) Fußnote siehe A 3 - 1

Lfd. Nr.	Material	Lagerungs- dichte	m-Faktor +)	H _u
		%	-	kWh/kg
liegt noch nicht vor	loses Papier		1,0	4,2
	Pappe, lose		1,0	4,2
	Wellpappe		0,7	4,4
	Pappkartons, gestapelt		0,8	4,2
	Fett		0,6	11,5
	Maschinen-Öl		0,4	13,6
	Nitro-Lacke		1,3	7,9
	Nitro-Lackverdünnung		1,3	7,9
	Autoreifen		0,5	8,4
	Ölpapier		~ 8	1,0
	Wachsleinen		~ 8	1,0
	Bitumenpapier		~ 6	1,0
	Kunststoffe:			
	ABS-Polymere		0,8	10,0
	Celluloid		1,3	6,8
	Cycoclac		1,0	6,0
	Exol (Essovasol)		0,5	12,0
	Härter für Polyester-Lacke		1,2	4,8
	Polyacetale (POM)		1,0	4,8
	Polyamid		0,8	8,8
	Polyäthylen (Teile)		0,8	12,2
	Polyäthylenfolie		0,8	12,2
	Polypropylenfolie		0,8	12,6
	Polyester-Lacke		1,2	4,8
	Polymethylmetacrylat		0,7	7,4
	Polypropylen (gasf.)		1,7	13,8
	Polypropylen (Teile)		1,0	12,6
	Polystyrol (SAN)		0,8	11,0
	Polyvinylchlorid (PVC) aus Kabeln		0,2	5,2
	Aromastoffe, Orangenbasispulver, Hibiscuspulver, Lemonenfrucht- pulver		0,7	4,3
	Dextrose		1,0	4,5

+) Vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.

Lfd. Nr.	Material	Lagerungs- dichte	m-Faktor +)	H _u
		%	-	kWh/kg
liegt noch nicht vor	Instant-Getränkepulver		0,7	4,3
	Kakao		0,7	5,6
	Maisstärke		0,7	4,3
	Milchpulver		0,7	4,4
	Schwarzer Tee		0,7	5,0
	Stärkemehl		0,7	4,3
	Zucker		1,0	4,8

+) Vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2
noch nicht vorliegen.

A 4. Literaturverzeichnis

- [1] Bub, H.: "Empfehlungen zur Bestimmung der Sicherheit im baulichen Brandschutz". Grundlagenpapier, Berlin, (1977).

- [2] Schneider, U., u. A. Haksever: "Bestimmung der äquivalenten Branddauer von statisch bestimmt gelagerten Stahlbetonbalken bei natürlichen Bränden." Forschungsbericht des Instituts für Baustoffkunde und Stahlbetonbau der Technischen Universität Braunschweig, (1976).

- [3] Klingelhöfer, H.G.: "Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Bewertung der Brandlasten in Industriebauten - Bewertungsfaktor "m" DIN 18 230 -". Forschungsbericht des MPA-Dortmund, (1977).

- [4] Carlowitz, B.: "Kunststofftabellen für Typen, Eigenschaften und Halbzeugabmessungen." 2. Aufl., Fritz Schiffmann oHG, Bensberg-Frankenforst, (1973).

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Industrie-Lagerhalle mit davor angebautem Bürotrakt.
Lagerhalle und Bürotrakt sind durch eine Brandwand getrennt.
Der Bürotrakt wird von der Untersuchung nicht berührt.

Die an den drei Seiten den Brandabschnitt begrenzenden Wände sind Außenwände.

1.2. Gebäudenutzung

Die Lagerhalle dient zur Lagerung und zum Vertrieb von Brauereigut.
Innerhalb des Brandabschnitts sind etwa 5 - 6 Personen ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschoßzahl

Die Lagerhalle hat die Abmessungen

$$40,40 \text{ m} \times 30,60 \text{ m} = 1.236 \text{ m}^2$$

Die Halle ist eingeschossig und ein Brandabschnitt.

1.4. Funktion

Die Halle ist so angeordnet, daß für die An- bzw. Auslieferung des Brauereiguts eine Rundumfahrt mit einer Ein- bzw. Ausfahrt besteht.
Die Be- und Entladung geschieht unter dem Hallen-Vordach an der Westseite sowie an der Faßlagerrampe.

In der Halle befinden sich ein Faßlagerraum mit Eislager sowie ein Spirituosenslager. Der verbleibende Raum über Faßlager bzw. Spirituosenslager wird als Ablage benutzt.

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Der Bau besteht aus 7 Stck. Holzleimbau-Bindern und Stützen auf Stahlbetoninselfundamenten. Die Wandbekleidungen sind aus Stahlblechsandwichplatten mit Isolierkern erstellt. In der Halle selbst befindet sich ebenerdig ein Faßlagerraum (mit Eislager) aus massiven Wänden und Isolierung aus Styropor sowie ein durch eine Leichtbauwand abgetrenntes Spirituosenlager.

Der Raum über dem Faßlager bzw. Spirituosenlager besitzt Dreiecksbinder als Deckenträger zur Auflage des Rauhspundbodens und wird als Ablage benutzt.

Das Flachdach ist als Warmdach aus verzinkten Stahl-Trapezprofilblechen und entsprechender Wärmedämmung ausgebildet.

Als Beleuchtung dienen Lichtkuppeln von 1,5 m x 1,0 m Größe.

Die Beheizung der Halle erfolgt durch Warmluftgebläse, gespeist von der zentralen Heizungsanlage.

Detailangaben zum Holzleimbau:

Außenstützen 2 x 14 cm x 28 cm verdübelt.

Innenstützen (Hohlkantenquerschnitt): 2 x 9 cm x 30 cm, zum Binder hin
auf 100 cm zulaufend mit 2 eingedübelten
Futterhölzern 12 cm x 12 cm.

Binderhöhe (lt. Zeichnung): 135 cm bzw. 110 cm

Stützenabstand: in Längsrichtung: 6,67 m
in Querrichtung: 20 m bzw. 10,40 m

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: -

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Freiwillige Feuerwehr, die etwa 400 m entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit. Außerdem ist die etwa 3 km entfernt stationierte Städt. Berufsfeuerwehr einsatzbereit.

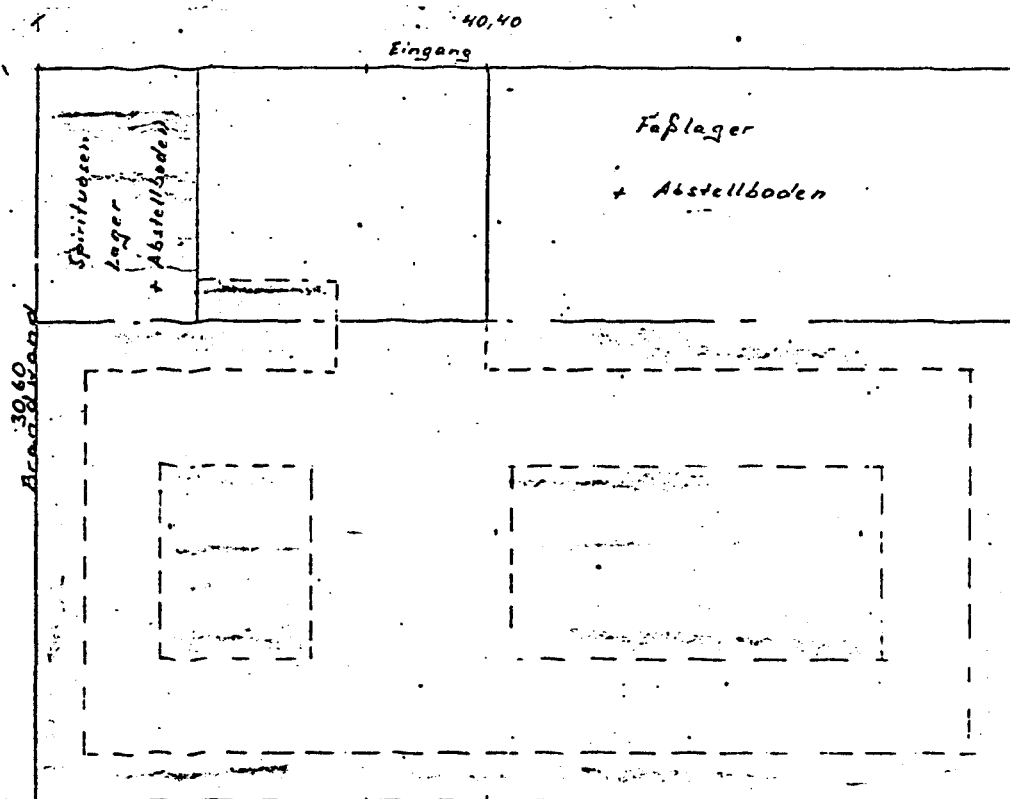
2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 20 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung



Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge Stck. bzw. 1	Masse kg/Stck.	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H_u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q_i [kWh]	Abbrand- faktor m_i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ_i [1]	Bewertete Brandlast $Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]
Erdg.	Niederdruck-Polyäthy- len-Kästen	fest	11.186	1,5		-	16.779	12,2	204.704	0,5	1,0	102.352
	Holz-Paletten	fest	355	20		-	7.100	4,8	34.080	1,0	1,0	34.080
	Pappkartons	fest	700	0,07		-	50	4,2	210	1,0	1,0	210
	Bierfilze	fest	36Pckg.	0,8		-	30	3,7	111	0,2	1,0	22
	Alkohol, 32 %ig	flüssig	540	-		7,9	136	7,5	1.020	1,2	1,0	1.224
	Alkohol, 38 %ig	flüssig	288	-		7,9	86	7,5	645	1,2	1,0	774
	Alkohol, 40 %ig	flüssig	50	-		7,9	16	7,5	120	1,2	1,0	144
	Alkohol, 54 %ig	flüssig	9	-		7,9	4	7,5	30	1,2	1,0	36
	Holzleim-Binder	fest	7	-	46,2	4,5	20.790	4,8	99.792	0,3	1,0	29.938
	Vollholz	fest	-	-	25	4,5	11.250	4,8	54.000	0,3	1,0	16.200
									394.712	: 1.236		184.980:1.236
									= 319,35 kWh/m ²			= 149,66 kWh

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Lagerhalle	184.980	1.236	149,66
Summe	184.980	1.236	149,66

2.7. Bestimmung der bewerteten Brandbelastung

Wärmeabzugsfaktor $w = 1,2$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{1,2 \times 184.980}{1.236} = 179 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen Faktoren

Umrechnungsfaktor $c = 0,20$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,15$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 2	$\gamma_2 = 0,85$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 0,6$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\bar{a}} = c \cdot q_r = 0,2 \times 179 = 36 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_{\bar{a}} \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 36 \times 1,8 \times 1,0 = 65 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 36 \times 1,15 \times 1,0 = 41 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 36 \times 0,85 \times 1,0 = 31 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 36 \times 0,6 \times 1,0 = 22 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 90
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 60
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 60, T 60, W 60
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F 30, T 30, W 30
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	F 30
	Brüstungen	1	W 30
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	T 30

Bemerkungen:

Eine Befreiung von den obigen Anforderungen ist für den untersuchten Gebäudeteil zulässig, sofern die erforderliche Dachentlüftung bis zu 3 % nach Anlage 3 der Norm angebracht wird.

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 5.000 m^2 zulässig. Die Angaben wurden eingehalten.

3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile			SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandab- schnitts- wände	nicht vorhanden	4	-
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.- decken	Holzleimstützen, 2 x 14 cm x 28 cm Holzleimbinder Holz-Innenstützen 2 x 9 cm x 30 cm	3	F 30 F 30 ≤ F 30
	Sonst. bedeut- same Bauteile große Feuer- schutzabschl.	-	2	-
	Bauteile von untergeordne- ter Bedeutung	Flachdach mit Stahl-Trapezprofilen und Wärmedämmung	1	< F 30
Nichttragende Bauteile als Ab- grenzung des Brandabschnitts	Außenwände	Stahlblech-Sandwichplatten mit Isolierkern	1	< F 30
	Brüstungen	-	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	-	1	-

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudcart

Industrie-Lagerhalle

Die Lagerhalle wird an den Stirnseiten auf der einen Seite vom Fertigungsbereich Konfektion, auf der anderen Seite von einer als getrennten Brandabschnitt zu errichtenden Erweiterung der Fertigungshalle für Teppichauslegeware eingeschlossen. Eine Längsseite der Lagerhalle ist eine Außenwand; die zweite Längsseite ist teilweise eine Außenwand, teilweise grenzt an die Längswand die Fertigungshalle für Teppichauslegeware an.

1.2. Gebäudenutzung

Die Lagerhalle dient zur Lagerung und zum Versand von

- a) Tufting-Auslege-Teppichen
- b) abgepaßten Teppichen

Innerhalb des Brandabschnitts sind etwa 25 Personen ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschößzahl

Die Halle hat die Abmessungen:

- a) $151 \text{ m} \times 35 \text{ m} \approx 5.285 \text{ m}^2$
 - b) $77 \text{ m} \times 35 \text{ m} \approx 2.695 \text{ m}^2$
-
- 7.980 m^2

Die gesamte Halle ist eingeschossig.

1.4. Funktion

Die Halle ist dem Fertigungsfluß entsprechend so angeordnet, daß

- a) die in einer angrenzenden Halle hergestellten Tufting-Auslege-Teppiche hier gelagert werden,
- b) die in einer anderen Halle hergestellten abgepaßten Teppiche (Fertigteppiche) in entsprechenden Regalen senkrecht stehend bevorratet werden.

In der Mitte der Lagerhalle, d. h. am Zusammenfluß von Auslegeteppichen und abgepaßten Teppichen, findet der Versand der Waren statt.

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe beigegefügte Skizze und Pkt. 2.6)

Die tragenden Teile des Tufting-Teppichlagers (Teil a) bestehen aus nicht ummantelten Stahlstützen und Stahlbindern. Im Längsabstand von 10 m sind teilweise im Umfassungsmauerwerk stehende Stahlstützen IPE 600 angeordnet. Im Raum sind fluchtend mit den Außenstützen bei einem seitlichen Abstand von 15 m bzw. 20 m ebenfalls Stahlstützen IPB 220 angeordnet. Über diese Stützen spannen sich Stahl-Binder IPE 600.

Das Dach des Hallenabschnitts besteht aus Stahl-Trapezblech mit entsprechender Wärmedämmung ohne Öffnungen, aufgelegt auf Pfetten IPE 300, die im Seitenabstand von 5 m über den Bindern angeordnet sind.

Das Umfassungsmauerwerk aus Kalksandsteinen und Vormauerziegel ist 36 cm dick und durch eingemauerte Säulen im Abstand von 3,25 m ausgesteift.

In östlicher Richtung folgt ohne Trennung im Anschluß an das Tufting-Teppichlager das Lager für abgepaßte Teppiche (Teil b).

Die tragenden Teile bilden nichtummantelte Stahlstützen IPB 120, die im Rastermaß von 7 m x 7 m errichtet sind. Über diese Stützen spannen sich Stahlbinder IPE 280 und Pfetten IPE 180. Das Dach des Hallenabschnitts besteht aus einer Gasbetondeckung mit entsprechender Isolierung und 44 Lichtkuppeln von 1,2 m² Fläche.

Das Umfassungsmauerwerk besteht als Fortsetzung des Mauerwerks des Tufting-Teppichlagers ebenfalls aus Kalksandsteinen und Vormauerziegeln bei einer Dicke von 36 cm.

Innerhalb des Lagers befindet sich in Hallenlängsmittle in nördlicher Richtung ein durch eine Glas-Stahlkonstruktion abgeteilter Raum für Ausstellungszwecke.

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: -

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 3 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

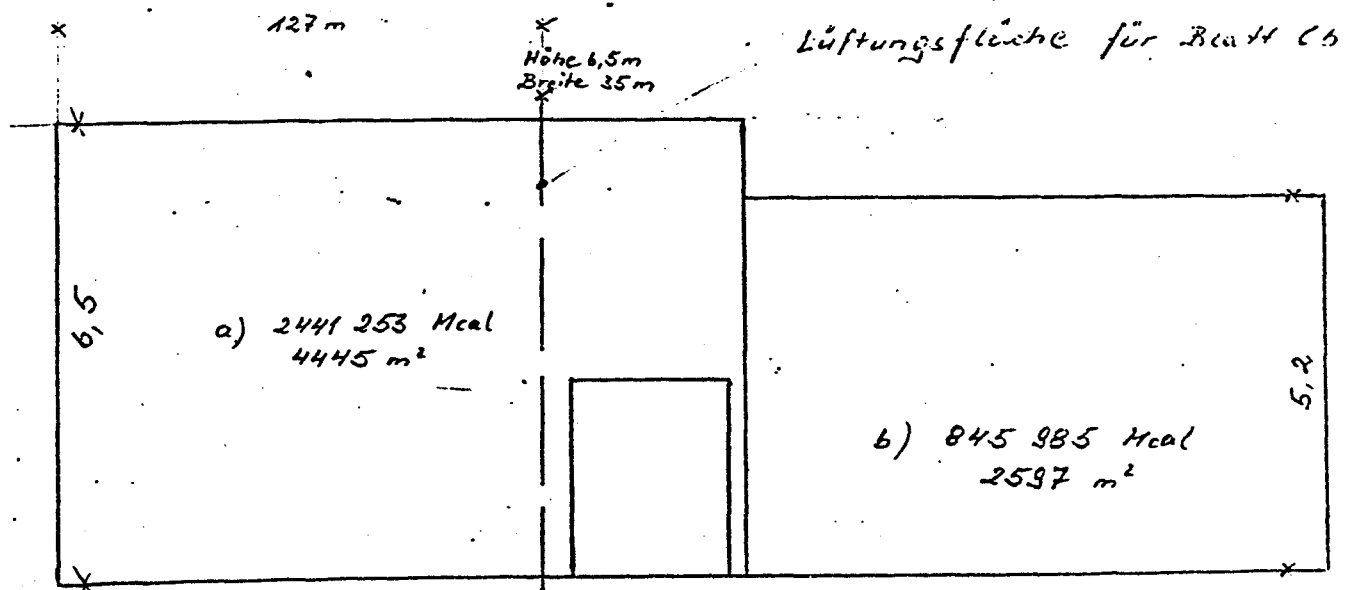
2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 75 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung



Längsschnitt-Skizze
des Lagerraums

Sowohl innerhalb des Tufting-Teppichlagers als auch innerhalb des Fertig-Teppichlagers kann mit gleichmäßig verteilter Brandlast gerechnet werden.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge m ²	Masse kg/m ²	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H _u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q _i [kWh]	Abbrand- faktor m _i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ _i [1]	Bewertete Brandlast Q _i · m _i · ψ _i [kWh]
Erdg.	Teppichboden (Kunst- fasern)	fest	225.645	1,72			388.109	6,0 ⁺)	2.328.654	0,7	1	1.630.058
a)	Teppichboden (Wolle)	fest	2.279	1,9			4.330	5,45 ⁺⁺)	23.599	0,4	1	9.439
	Regalböden	fest	9.445	10,4			98.228	4,8	471.494	1,0	1	471.494
Erdg.	Wollteppiche	fest	11.088	2,9			32.155	6,26	201.292	0,4	1	80.517
b)	Wollteppiche	fest	7.927	2,5			19.817	6,26	124.057	0,4	1	49.623
	Wollteppiche	fest	24.961	2,0			49.922	6,26	312.511	0,4	1	125.004
	Haargarnteppiche	fest	24.295	1,28			31.098	6,26	194.673	0,4	1	77.869
	Synthet.Teppiche	fest	11.778	1,72			20.258	6,0	121.548	0,7	1	85.084
	Tufting-Teppiche	fest	2.514	1,72			4.324	6,0	25.944	0,7	1	18.161
Aus dem Gebäude braucht keine Brandlast berücksichtigt zu werden.									3.803.772 : 7.882			2.547.249 : 7.
Festlegung des Heizwertes:									= 482,58 kWh/m ²			= 323,2 kWh/m ²
			680 g/m ² Wolle				~ 36 % H _u	= 6,26				
			120 g/m ² Grundmat.				~ 6 % H _u	= 12,18				
			650 g/m ² Vorbeschichtung				~ 34 % H _u	= 2,09	∅ H _u = 5,45 kWh/kg			
			450 g/m ² Fertigbeschichtung				~ 23 % H _u	= 7,24				
++)) Teppichboden (Wolle)												
+) Festlegung der Heizwerte siehe 02/62/003												

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Fertigwarenlager a)	2.110.991	5.285	399,43
Fertigwarenlager b)	436.258	2.597	168
Summe	2.547.249	7.882	323,2

2.7. Bestimmung der bewerteten BrandbelastungWärmeabzugsfaktor $w = 1,2$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{1,2 \cdot 2.547.249}{7.882} = 388 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen FaktorenUmrechnungsfaktor $c = 0,20$

(nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,7$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 2	$\gamma_2 = 1,35$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 1,05$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\bar{a}} = c \cdot q_r = 0,2 \times 388 = 78 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_{\bar{a}} \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 78 \times 1,8 \times 1,0 = 140 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 78 \times 1,7 \times 1,0 = 133 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 78 \times 1,35 \times 1,0 = 105 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 78 \times 1,05 \times 1,0 = 82 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile

3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 120 ⁺⁾
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F, T, W 90
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F, T, W 90
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	F 60
	Brüstungen	1	W 60
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	T 60

Bemerkungen:

Eine Befreiung von den obigen Anforderungen ist für den untersuchten Gebäudeteil nach Anlage 3 der Norm nicht zulässig.

+) t_a liegt mit > 120 Minuten (SK_B3) außerhalb der Norm!
Dies gilt auch für den untersuchten Teilbereich a), s. Blatt Nr. 6 b.

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von $< 2.500 \text{ m}^2$ zulässig.

Die Angaben wurden nicht eingehalten.

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Fertigungshalle für Teppich-Auslegeware (Tufting-Ware).

Die Fertigungshalle für Teppichauslegeware schließt mit einer Längswand an die bestehende Lagerhalle für Teppichauslegeware und den Erweiterungsbau an. Die übrigen drei Wände der Halle, die den Brandabschnitt begrenzen, sind Außenwände.

1.2. Gebäudenutzung

Die Halle dient der Herstellung, Beschichtung, dem Färben, Bedrucken und Trocknen von Tufting-Auslegeteppichen.

Außerdem wird das für die Fertigung unmittelbar benötigte Material (Garn, Grundgewebe) sowie die Teppichrohware (Rücken nicht beschichtet) in der Halle gelagert.

Innerhalb des Brandabschnitts sind je Schicht etwa 60 Personen ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschoßzahl

Die Fertigungshalle hat die Abmessungen

$$130,66 \text{ m} \times 90,76 \text{ m} = 11.858,7 \text{ m}^2.$$

Die Halle ist eingeschossig.

1.4. Funktion

In der Halle wird auf 14 Webmaschinen Tufting-Rohware hergestellt und zwischengelagert.

Im weiteren Fertigungsablauf wird auf einer der beiden kontinuierlich arbeitenden Beschichtungsmaschinen der auf Latex-Basis bestehende Rücken aufgebracht.

Je nach den Erfordernissen wird die Ware auf einer weiteren Fertigungsstraße bedruckt oder gefärbt und im Anschluß getrocknet.

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe beigegefügte Skizze)

Die tragende Konstruktion besteht aus Stahlbeton-Stützen mit den Abmessungen 40 x 30 cm, 30 x 45 cm, 45 x 45 cm und 45 cm x 60 cm, die in einem Rastermaß von max. 20 m x 20 m errichtet sind. Über die einzelnen Stützen spannen sich Binder mit den Abmessungen 40 cm x 175 cm. In die Binder sind jeweils im Achsabstand von 5 m Pfetten mit den Abmessungen 30 cm x 90 cm eingelassen. Die Dachkonstruktion besteht aus einem Trapezblechdach, System Siegerner AG., und einem Weichbelag mit ausreichender Wärmedämmung.

Das Außenmauerwerk wird zwischen den Stützen der Fertigteilkonstruktion teilweise aus Ziegelmauerwerk von 36,5 cm Dicke gebildet; über 50 % der Außenwände sind jedoch aus Trapezblechwänden der Siegerner AG erstellt.

Innerhalb der gesamten Fertigungshalle befinden sich keine Trennwände.

Von dem im östlichen Bauabschnitt gelegenen Kabelkanal (1,8 m x 2 m x 90,76 m) kann angenommen werden, daß er bei entsprechender Überdeckung der Baustahlmatten feuerbeständig ausgeführt ist.

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts: (siehe beigefügte Skizze)

Länge	130,66	m	Kellergeschoß	-
Breite	90,76	m	Geschoßzahl über OK	1
Fläche	11.859	m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	6,25; 8,75	m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Tufting-Webhalle

Achsen A - T; 1 - 27

Gesamtfläche je Geschoß: 11.859 m²

./ . Abzüge: -

Summe: 11.859 m²

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 11.859 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_v + A_h \cdot k_f$
(siehe beigefügte Skizze)

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_v	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Erdgeschoß	-		(3 m x 3 m) x 7 = (4 m x 4 m) x 2 = 1 m x 2 m = (0,65 m x 1,15 m) x 154 = (Glaswand)	63 32 2 115 <hr/> 212	<div style="text-align: right;"> $\frac{212}{11.859}$ 0,018 </div>

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
Größe: - Anzahl: -
äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: -

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 3 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 65 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~xx~~/nein

2.6. Brandlastverteilung

siehe beigelegte Skizze

Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge	Masse kg/m ²	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H _u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q _i [kWh]	Abbrand- faktor m _i [1]	Kombina- tionsbeiwert ψ_i [1]	Bewertete Brandlast $Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]
	Hobeldielen 2,2 cm	fest	700 m ²	13,2	-	-	9.240	4,8	44.352	1,0	1,0	44.352
	Holzspanplatten 3cm	fest	6275 m ²	21	-	-	131.775	4,8	632.520	1,0	1,0	632.520
	Polypropylen (grund. mat.)	fest	34100kg	-	-	-	34.100	12,2	415.338	0,8 ⁺	1,0	332.270
	Folienpackmaterial (Polyäthylenfolien)	fest	900kg	-	-	-	900	12,2	10.980	0,8 ⁺	1,0	8.784
	Garn-Lagerung (Polyamid)	fest	42154kg	-	-	-	42.154	7,9	333.016	0,7	1,0	233.112
	Polyamid-Garn (auf den Webmaschinen)	fest	103515kg	-	-	-	103.515	7,9	817.769	0,7	1,0	572.438
	Tufting-Rohware ⁺⁺	fest	252400m	0,62	-	-	156.488	9,3	1.455.338	0,7	1,0	1.018.737
	Tufting-Fertigware ⁺⁺⁺	fest	28080 m	1,72	-	-	48.298	6,0	289.788	0,7	1,0	202.852
	Polyäthylen-Rohre 110 Ø x 4000 mm	fest	400 Stck.	1,72 kg/m	-	-	2.752	12,2	33.574	0,8	1,0	26.859
	Polyäthylen-Rohre 310 Ø x 8mm x 5600mm	fest	400 Stck.	7,51 kg/m	-	-	16.822	12,2	205.228	0,8	1,0	164.182
									4.237.903:11.859			3.236.106:11
	Aus dem Gebäude braucht keine Brandlast berücksichtigt zu werden.							=	357 kWh/m ²			273 kWh/m ²
	+) vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.											
	Festlegung des Heizwertes:											
	++) Tufting-Rohware (ohne Anstrich)		500 g/m ²	Polmaterial	~ 80 % H _u = 7,37	$\phi H_u = 7,99 \text{ Mcal/kg} = 9,27 \text{ kWh/kg}$						
			120 g/m ²	Grundmaterial	20 % H _u = 10,5							
	+++ Tufting-Fertigware		500 g/m ²	Polmaterial	~ 29 % H _u = 7,37	$\phi H_u \approx 5,2 \text{ Mcal/kg} = 6,03 \text{ kWh/kg}$						
			120 g/m ²	Grundmaterial	~ 7 % H _u = 10,5							
			650 g/m ²	Vorbeschichtung	~ 38 % H _u = 1,8							
			450 g/m ²	Fertigbeschichtung	~ 26 % H _u = 6,245							

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Tufting-Webhalle	3.236.106	11.859	273
Summe	3.236.106	11.859	273

2.7. Bestimmung der bewerteten Brandbelastung

Wärmeabzugsfaktor $w = 2,2$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{2,2 \times 3.236.106}{11.859} = 600,34 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen Faktoren

Umrechnungsfaktor $c = 0,2$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	f -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	f_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$f_4 = 1,8$	$f_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$f_3 = 1,8$	$f_{nb} = 1,0$
SK _B 2	$f_2 = 1,45$	
SK _B 1	$f_1 = 1,15$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\bar{a}} = c \cdot q_r = 0,2 \times 600 = 120 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\bar{a}} \cdot f \cdot f_{nb} = t_{\bar{a}} \cdot f_4 \cdot 1,0 = 120 \times 1,8 \times 1,0 = 216 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot f_3 \cdot f_{nb} = 120 \times 1,8 \times 1,0 = 216 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot f_2 \cdot f_{nb} = 120 \times 1,45 \times 1,0 = 174 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot f_1 \cdot f_{nb} = 120 \times 1,15 \times 1,0 = 138 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 120 ⁺⁾
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F, T, W 90
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F, T, W 60
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	F 60
	Brüstungen	1	W 60
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	T 60

Bemerkungen:

Eine Befreiung von den obigen Anforderungen ist für den untersuchten Gebäudeteil nach Anlage 3 der Norm nicht zulässig.

⁺⁾ t_a liegt mit > 120 Minuten (SK_B3) außerhalb der Norm!

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von $< 2.500 \text{ m}^2$ zulässig.

Die Angaben wurden nicht eingehalten.

3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile		SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	4	-
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	3	F 120 F 180 F 180
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuer-schutzabschl.	2	< F 30
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F 180 < F 30
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	F 180
	Brüstungen	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	1	-

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.

Keigel and 5 children in room	Lucas
3000.00	B.C.C.
ing. de 1000.00	Pygmy

560 45 *Stellen proinmatrua*

1 47554g Polyamid

Agonal mit Stachl. 5 mm Durchmesser
Längs d. Fülln. Breite 4 mm
Längs d. Fülln. Breite 2 mm.

2500 Fäden	1875 Fäden	1875 Fäden	1675 Fäden	1375 Fäden	1375 Fäden

Regel mit 4 Fachböden ca 35 m	5 m
Lagerung: 50 Rollen Breite 4 m	400 Röh.
2.100 m / Rolle	

Druckanlage

Behälter für
Fischen - Kaimischpau
Fahr. Diagramm EHZ
Fahr. Diagramm d. 10.
5. November d. 10.

Beschichtungs-Anlage I
ca 120 l/min Tuffingware im Umlauf mit ca 450 g/l min

Beschichtungs-Anlage II
außer Betrieb

2.4.2

1500
1500
1500

[illegible]

Erklärung des Begriffs "Funktion"

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Abschnitt einer Fertigungshalle zur Holzbearbeitung.

Die Halle ist als Sheddach-Halle ausgeführt.

Der Brandabschnitt schließt mit einer Längswand (Brandwand) an die Brandabschnitte Oberflächenbearbeitung und Montage an. Die zweite den Brandabschnitt begrenzende Längswand sowie die nordseitig gelegene Stirnwand sind Außenwände. Die südseitig gelegene Stirnwand grenzt den Brandabschnitt gegenüber den Sozialräumen ab (siehe auch Skizze Pkt. 2.6).

1.2. Gebäudenutzung

Dieser Abschnitt der Fertigungshalle dient der Vorbearbeitung des angelieferten Holzes.

Das angelieferte Holz liegt in Form von Stäben, Platten, Spanplatten vor. Es werden Fichtenholz, Buche, Abachi usw. verarbeitet.

Innerhalb des Brandabschnitts sind 89 Personen ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschoßzahl

Die gesamte Fertigungshalle hat die Abmessungen

$$125,8 \text{ m} \times 125,4 \text{ m} = 15.775 \text{ m}^2$$

und ist eingeschossig.

Der im Süden gelegene Verwaltungstrakt wird nicht in die Untersuchungen mit einbezogen.

1.4. Funktion

In der im 1. Bauabschnitt entstandenen Fertigungshalle, die von der weiteren Fertigung durch eine Brandwand und Fb-Türen abgetrennt ist, wird in der westlichen Hälfte mit Holzbearbeitungsmaschinen die maschinelle Bearbeitung des Holzes und die Holz Trocknung durchgeführt. Im östlichen rückwärtigen Teil der Halle findet die Furnierbearbeitung und im Anschluß daran der Klaviaturenbau und die Furniererei statt. Die in diesem Hallenteil bearbeiteten Hölzer gehen anschließend in die Oberflächenbearbeitung.

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Der Hallenteil des 1. Bauabschnitts ist als Sheddach-Halle ausgeführt.

Im Abstand von jeweils 7,50 m in Längsrichtung und 13,65 m in Querrichtung sind Stahlbetonstützen errichtet. Bei Abmessungen von 35 cm x 35 cm haben die Stützen eine Höhe von 3,20 m; auf ihnen liegen Stahlbetonbinder mit den Abmessungen 80 cm x 35 cm.

Auf diesem Stahlbeton-Skelett liegt das Dach, bestehend aus einer "Normko Shedschale" aus Stahlbeton (B 600) mit unterseitiger Perlitebeschichtung und oberseitigem Kunststoffanstrich.

Die Außenwände, d. h. die Ausmauerung zwischen den Stahlbetonstützen, sind mit 15 cm dicken Gasbetonplatten ausgeführt.

Als Brandwand gegenüber den anderen Brandabschnitten dient westseitig eine Wand aus 15 cm Leca-Betonplatten, 3 cm Mörtel und 24 cm Kalksandsteinmauerwerk, die Raumabschlüsse bilden feuerbeständige Türen (T 90).

Zur Abtrennung des Holzbearbeitungsmaschinenteils gegenüber der anderen Fertigung ist der Hallenteil fast in der gesamten Länge durch eine leichte Mauerwerk-Trennwand geteilt.

2.1. Größe des Brandabschnitts:

Länge	125,8 m	Kellergeschoß	-
Breite	27,6 m	Geschoßzahl über OK	1
Fläche	3.473 m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	7,50 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Holzbearbeitung

Achsen A - C / 1 - 17

Gesamtfläche je Geschoß: 15.412 m²

./.. Abzüge: 11.939 m² (andere Brandabschnitte)

Summe: 3.473 m^2

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 3.473 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_T = A_v + A_p \cdot k_f$

(siehe Pkt. 2.6)

Geschoß	Dachöffnungen A_n (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_v	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Erdgeschoß	27 x 2 x 1	54	(2 m x 2 m) x 3 = 2,5 m x 2,5 m =	12,00 6,25	$\frac{72,25}{3.473}$
Die Shedverglasung besteht aus Drahtglas, es sind deshalb nur die Rauchabzugsjalousetten anrechnungsfähig.					0,0208

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -

Größe: - Anzahl: -

äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: vorhanden

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 5 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

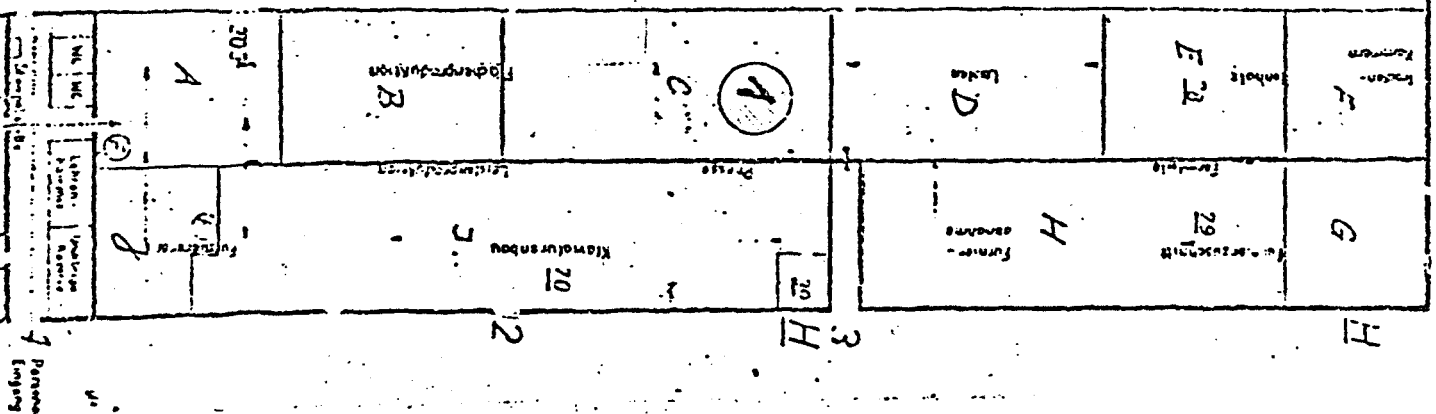
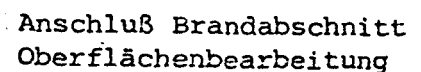
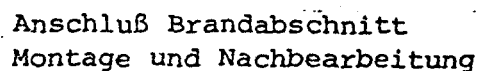
2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 40 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung



Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.

[illegible]

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Erdg.-Holzbear- beitung	588.672	3.473	169,5
Summe	588.672	3.473	169,5

2.7. Bestimmung der bewerteten Brandbelastung

Wärmeabzugsfaktor $w = 1,8$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{1,8 \times 588.672}{3.473} = 305 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen Faktoren

Umrechnungsfaktor $c = 0,25$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,5$	$\gamma_{nb} = 0,6$
SK _B 2	$\gamma_2 = 1,15$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 0,85$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\bar{a}} = c \cdot q_r = 0,25 \times 305 = 76 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_{\bar{a}} \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 76 \times 1,8 \times 1,0 = 137 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 76 \times 1,5 \times 0,6 = 68 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 76 \times 1,15 \times 0,6 = 53 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 76 \times 0,85 \times 0,6 = 39 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 120
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 90
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F, T, W 60
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F 60
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	W 60
	Brüstungen	1	T 60
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	T 60

Bemerkungen:

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 3.300 m^2 zulässig. Die Angaben wurden knapp überschritten.

3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile		SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	3	F 120 F 120
	Sonst. bedeut- same Bauteile große Feuer- schutzabschl.	2	-
	Bauteile von untergeordne- ter Bedeutung	1	F 120
Nichttragende Bauteile als Ab- grenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	F 180
	Brüstungen	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ² Feuerschutztüren	1	T 90

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

• Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Der gesamte Hallenteil des 2. Bauabschnitts, in dem die Oberflächenbehandlung liegt, ist als Sheddach-Halle ausgeführt.

Im Abstand von jeweils 12,65 m in Längsrichtung und 19,50 m in Querrichtung sind Stahlbetonstützen errichtet. Bei Abmessungen von 40 cm x 50 cm haben die Stützen eine Höhe von 5 m; auf ihnen liegen Stahlbetonbinder mit den Abmessungen ca. 90 cm x 40 cm.

Auf diesem Stahlbeton-Skelett liegt das Dach, bestehend aus einer "Normko-Shedschale" aus Stahlbeton (B 600) mit unterseitiger Perlitebeschichtung und oberseitigem Kunststoffanstrich.

Die Außenwand der Oberflächenbehandlung, d. h. die Ausmauerung zwischen den Stahlbetonstützen ist mit 15 cm dicken Gasbetonplatten ausgeführt. In östlicher Richtung wird der Abschnitt durch die Brandwand aus Bauabschnitt 1 eingegrenzt.

In südlicher und westlicher Richtung wird der Brandabschnitt durch je eine 24 cm dicke Brandwand (Mauerwerk) eingefast.

Die Raumabschlüsse zu den anderen Brandabschnitten bilden feuerbeständige Türen (T 90).

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts:

Länge	38,65 m	Kellergeschoß	-
Breite	39 m	Geschoßzahl über OK	1
Fläche	1.507 m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	7,5 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Oberflächenbehandlung Achsen C, D, E / LMNO

Gesamtfläche je Geschoß: 15.412 m²
./.. Abzüge: 13.905 m² (andere Brandabschnitte)
Summe: 1.507 m²

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 1.507 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_v + A_h \cdot k_f$
(siehe Punkt 2.6)

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_v	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Erdgeschoß	24 x 1 x 1	24	(1,13 x 2,13) x 3 =	7,2	$\frac{31,2}{1.507}$
Die Shedverglasung besteht aus Drahtglas; es sind deshalb nur die Rauchabzugsjalou- setten anrechnungsfähig.					0,021

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
Größe: - Anzahl: -
äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: vorhanden

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 5 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

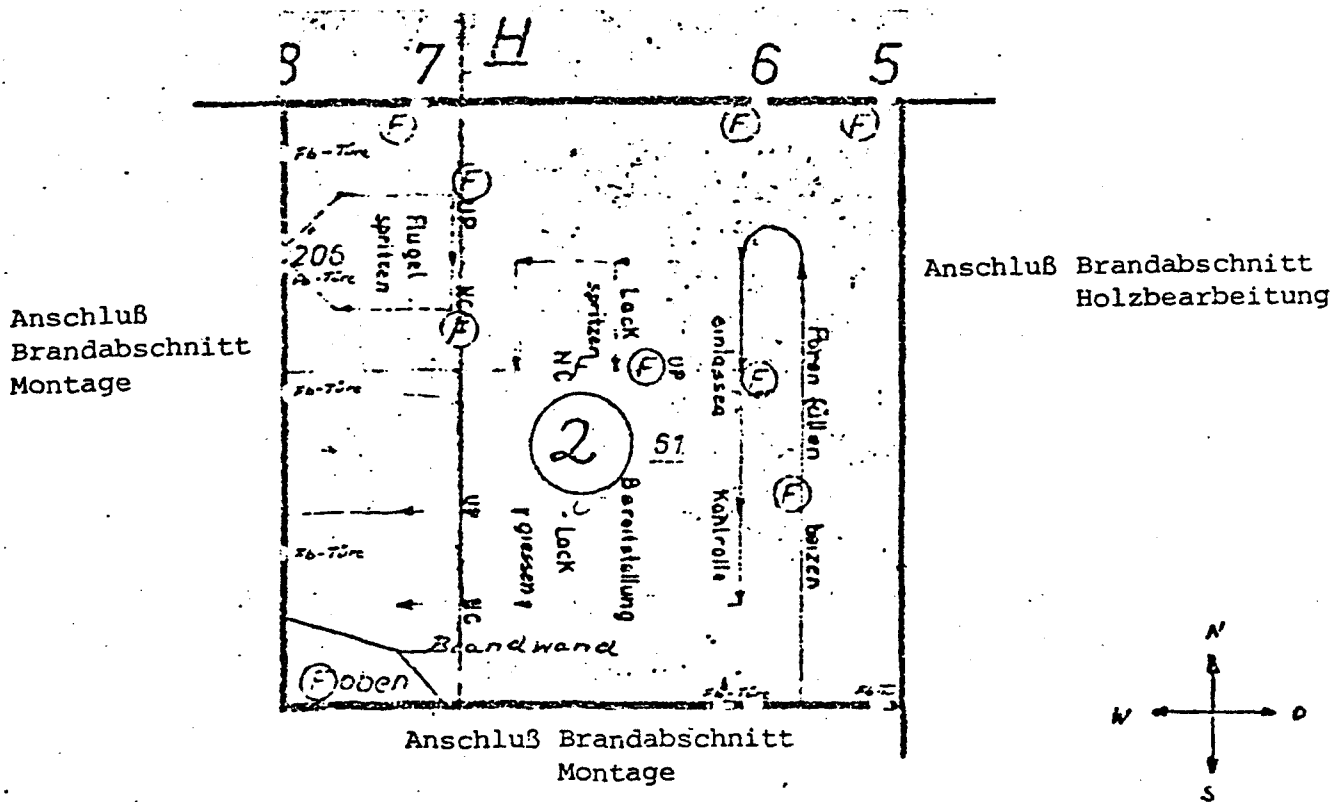
2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 20 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung



Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge Stck.	Masse kg/Stck.	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H_u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q_i [kWh]	Abbrand- faktor m_i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ_i [1]	Bewertete Brandlast $Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]
Erdgesch.	Hölzer in Form von Vollholz (Buche, Fichte) u. verleimten Platten (Span- u. Stäbchenplatten, mehrfach verleimte Hölzer)	fest			21,25	600	12.750	4,8	61.200	0,8	1,0	48.960
	Holz (Pi)	fest	25	45	-	-	1.125	4,8	5.400	0,8	1,0	4.320
	Holz (Fl)	fest	17	140	-	-	2.380	4,8	11.424	0,8	1,0	9.139
	Polyesterlack	flüssig	11 Beh.	27,5	-	-	302	4,8	1.450	1,2 ⁺	1,0	1.740
	Nitrolack	flüssig	7 Beh.	25	-	-	175	7,9	1.382	1,3 ⁺	1,0	1.797
	Nitroverdünnung	flüssig	6 Beh.	25	-	-	150	7,9	1.185	1,3 ⁺	1,0	1.540
	Härter für Polyester	flüssig	2 Beh.	25	-	-	50	4,8	240	1,2 ⁺	1,0	288
									82.281	1.507		67.784
									= 54,59 kWh/m ²			= 44,97 kWh/m ²
	An dem Gebäude braucht keine Brandlast berücksichtigt zu werden.											
	+) vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.											

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Oberflächenbear- beitung	67.784	1.507	44,97
Summe	67.784	1.507	44,97

2.7. Bestimmung der bewerteten Brandbelastung

Wärmeabzugsfaktor
w = 1,8
(nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung
$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{1,8 \times 66.111}{1.507} = 81 \quad \text{[kWh/m}^2\text{]}$$

2.8. Ermittlung der übrigen Faktoren

Umrechnungsfaktor c = 0,25
(nach Tabelle 3 der Norm)

c

	β -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	β_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\beta_4 = 1,8$	$\beta_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\beta_3 = 1,15$	$\beta_{nb} = 0,6$
SK _B 2	$\beta_2 = 0,85$	
SK _B 1	$\beta_1 = 0,60$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$t_{\ddot{a}} = c \cdot q_r = 0,25 \times 81 = 20 \quad \text{[min]}$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$\text{erf } F = t_{\ddot{a}} \cdot \beta \cdot \beta_{nb} = t_{\ddot{a}} \cdot \beta_4 \cdot 1,0 = 20 \times 1,8 \times 1,0 = 36 \quad \text{[min]}$
 $\phantom{\text{erf } F} = t_{\ddot{a}} \cdot \beta_3 \cdot \beta_{nb} = 20 \times 1,15 \times 0,6 = 14 \quad \text{[min]}$
 $\phantom{\text{erf } F} = t_{\ddot{a}} \cdot \beta_2 \cdot \beta_{nb} = 20 \times 0,85 \times 0,6 = 10 \quad \text{[min]}$
 $\phantom{\text{erf } F} = t_{\ddot{a}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_{nb} = 20 \times 0,60 \times 0,6 = 7 \quad \text{[min]}$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 30
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	keine
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	keine
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	keine
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	keine
	Brüstungen	1	keine
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	keine

Bemerkungen:

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 20.000 m^2 zulässig. Die Angaben wurden eingehalten.

3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile			SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	Mauerwerk, 24 cm	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	Stahlbetonstützen, 40 cm x 50 cm	3	F 180
		Stahlbetonbinder, 40 cm x 90 cm		F 180
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuerschutzabschl.	-	2	-
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	"Normko"-Sheddachkonstruktion	1	F 120
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	Gasbetonplatten, 15 cm	1	F 180
	Brüstungen	-	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	Feuerschutztüren	1	T 90

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Abschnitt einer Fertigungshalle zur Montage und Nachbearbeitung von Holzteilen (einschließlich maschinelle Nachbearbeitung).

Der Brandabschnitt ist an beiden Längsseiten (Osten und Westen) mit Brandwänden bzw. im Bereich der Oberflächenbearbeitung (Nord-Ost-Ecke) mit feuerbeständigen Wänden abgegrenzt. Östlich grenzt an die Montage der Brandabschnitt Holzbearbeitung, westlich der Brandabschnitt einer weiteren Montage. Die nordseitige Stirnwand ist eine Außenwand, südseitig wird der Brandabschnitt durch 24 cm dickes Mauerwerk von den dahinter liegenden Sozialräumen abgetrennt.

1.2. Gebäudenutzung

Dieser Abschnitt der Fertigungshalle dient

- a) der Oberflächen-Nachbearbeitung von Holzteilen,
- b) dem Zusammenbau von Holzteilen und der Abstimmung,
- c) dem Versand als Versandlager,
- d) als Magazin, zur Aufbewahrung diverser Materialien des täglichen Gebrauchs.

Innerhalb des Brandabschnitts sind 189 Personen ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschoßzahl

Die gesamte Fertigungshalle hat die Abmessungen

$$125,8 \text{ m} \times 125,4 \text{ m} = 15.775 \text{ m}^2$$

und ist eingeschossig.

Der im Süden gelegene Verwaltungstrakt wird nicht in die Untersuchungen mit einbezogen.

1.4. Funktion

In der im 2. Bauabschnitt entstandenen Fertigungshalle befindet sich im nördlichen Teil die Nachbearbeitung der in der Oberfläche behandelten Teile (z. B. Polieren usw.).

Im südlichen Hallenteil liegt der Versand der Fertigerzeugnisse sowie das Magazin für Fertigungshilfsmaterial.

Zwischen beiden erfolgt in Montagegruppen der Zusammenbau der Holzteile sowie die Abstimmung der Einbauten und deren Kontrolle.

In östlicher Richtung wird der Brandabschnitt gegen einen anderen durch eine Brandwand und Türen T 90 abgetrennt, in westlicher Richtung erfolgt die Abgrenzung ebenfalls durch eine Brandwand und Türen T 30.

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Der gesamte Hallenteil des 2. Bauabschnitts ist als Sheddach-Halle ausgeführt. Im Abstand von jeweils 12,65 m in Längsrichtung und 19,50 m in Querrichtung sind Stahlbetonstützen errichtet. Bei Abmessungen von 40 cm x 50 cm haben die Stützen eine Höhe von 5 m; auf ihnen liegen Stahlbetonbinder mit Abmessungen von ca. 90 cm x 40 cm.

Auf diesem Stahlbeton-Skelett liegt das Dach, bestehend aus einer "Normko-Shedschale" aus Stahlbeton (B 600) mit unterseitiger Perlitebeschichtung und oberseitigem Kunststoffanstrich.

Die Außenwände, d. h. die Ausmauerung zwischen den Stahlbetonstützen, ist mit 15 cm dicken Gasbetonplatten ausgeführt. Der Innenausbau der Halle weist in östlicher Richtung etwa 19,5 m von der Brandwand aus Brandabschnitt 1 entfernt eine Trennwand aus 15 cm dicken Gasbetonplatten auf.

Im Süden ist ein Teil von ca. 12 m x 39 m durch leichte Trennwände als Tagesraum abgeteilt.

In östlicher Richtung wird der Brandabschnitt durch eine Brandwand aus 15 cm Leca-Betonplatten, 3 cm Mörtel und 24 cm Kalksandsteinmauerwerk begrenzt, in westlicher Richtung bildet ein 24 cm dickes Kalksandsteinmauerwerk als Brandwand die Begrenzung.

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts:

Länge	126,5 m	Kellergeschoß	-
Breite	78 m	Geschoßzahl über OK	1
Fläche	9.867 m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	7,5 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Montage, Nachbehandlung Achsen C' D E F G/L - V
Versand, Magazin

Gesamtfläche je Geschoß: 15.412 m²
./.. Abzüge: 7.052 m² (andere Brandabschnitte)
Summe: 8.360 m²

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 8.360 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_v + A_h \cdot k_f$
(siehe Punkt 2.6)

Geschoß	Dachöffnungen A_d (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_v	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Erdgeschoß	136 x 1 x 1	136	(1,13 x 2,12) x 3 = (2,25 x 3,60) x 2 = (2,25 x 2,5) x 2 =	7,22 16,20 11,25	$\frac{170,67}{8.360}$
Die Sheddachverglasung besteht aus Drahtglas, es sind deshalb nur die Rauchabzugsjalousetten anrechnungsfähig.					0,0204

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
Größe: - Anzahl: -
äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: vorhanden

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 5 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 50 m.

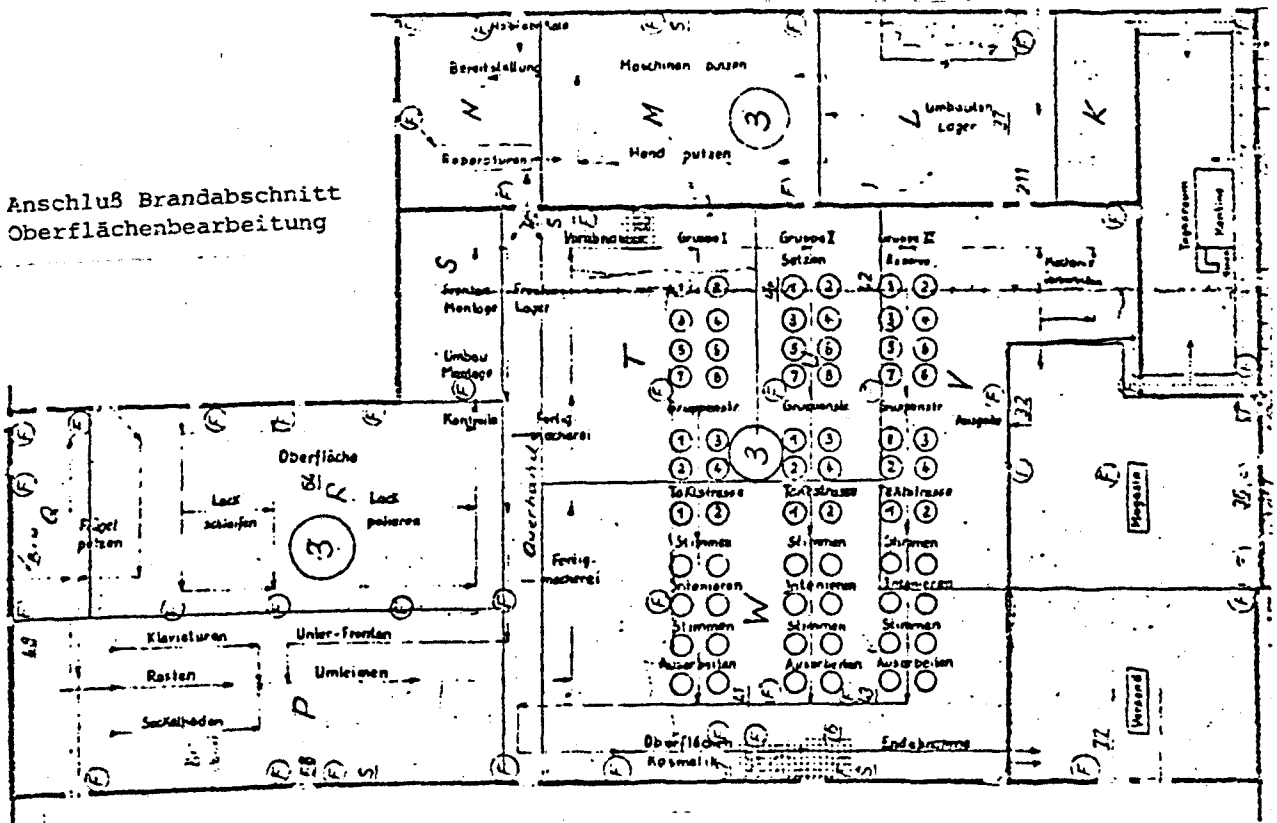
2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ja/nein

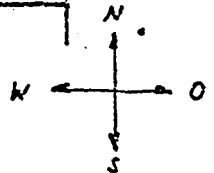
2.6. Brandlastverteilung

Anschluß Brandabschnitt
Holzbearbeitung

Anschluß Brandabschnitt
Oberflächenbearbeitung



Anschluß
Brandabschnitt
Montage und Nach-
bearbeitung



Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge kg	Masse kg/Stck.	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H _u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q _i [kWh]	Abbrand- faktor m _i [1]	Kombina- tionsbeiwert C _i [1]	Bewertete Brandlast Q _{i,m} · C _i [kWh]
	Hölzer in Form von Vollholz (Buche, Fichte, verleimte Platten, Span- u. Stäbchenplatten, mehrf. verleimte Hölzer	fest			135,75	500	81.450	4,8	390.960	0,8	1,0	312.768
	Holz (aus teilmont. Geräten	fest	836	45			37.620	4,8	180.576	0,8	1,0	144.461
	Holz (aus teilmont. Geräten	fest	73	75			5.475	4,8	26.280	0,8	1,0	21.024
	Verpackungsmaterial (Wellpappe)	fest			30	125	3.750	4,4	16.500	0,7 ⁺)	1,0	11.550
Erdschoß Montage, Magazin, Versand	Holz (fertige Geräte)	fest	18	45			810	4,8	3.888	0,8	1,0	3.110
	Holz (Einzelaggreg.)	fest					14.525	4,8	69.720	0,8	1,0	55.776
	Polyäthylenfolien	fest					2.000	12,2	24.400	0,8 ⁺)	1,0	19.520
	PVC	fest					400	5,2	2.080	0,2 ⁺)	1,0	416
	Plexiglas (Acrylharz)	fest	00Stck.	1,5			150	ca. 4,8	720	0,8 ⁺)	1,0	576
	Kreppapier	fest					950	3,7	3.515	1,7	1,0	5.975
	Filz	fest					450	4,6	2.070	0,4 ⁺)	1,0	828
	Stoff	fest					100	6,5	650	0,4	1,0	260
	Maschinenöl in geschlossenen Behält.	flüssig			585,1	0,9	527	11,7	6.166	0,4 ⁺)	1,0	2.466
	div. brennb. Flüssigk. in Blechbehältern	flüssig			1100	1	990	11,7	11.583	1,0	1,0	11.583
	+) vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.								739.336 : 8.360 = 88,43 kWh/m ²			590.313 : 8.360 = 70,61 kWh/m ²

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Montage, Nachbe- handlung, Versand u. Magazin	590.313	8.360	70,9
Summe	590.313	8.360	70,9

2.7. Bestimmung der bewerteten BrandbelastungWärmeabzugsfaktor $w = 1,8$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{1,8 \times 590.313}{8.360} = 127,10 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen FaktorenUmrechnungsfaktor $c = 0,25$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,7$	$\gamma_{nb} = 0,6$
SK _B 2	$\gamma_2 = 1,35$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 1,05$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\bar{a}} = c \cdot q_r = 0,25 \times 127,1 = 31,77 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_{\bar{a}} \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 31,77 \times 1,8 \times 1,0 = 57 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 31,77 \times 1,7 \times 0,6 = 32 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 31,77 \times 1,35 \times 0,6 = 26 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 31,77 \times 1,05 \times 0,6 = 20 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile

3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 90
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 60
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F, T, W 60
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F, T, W 30
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	F 30
	Brüstungen	1	W 30
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	T 30

Bemerkungen:

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 5000 m^2 zulässig.
Die Angaben wurden nicht eingehalten.

3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile			SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandab- schnitts- wände	Kalksandstein-Mauerwerk, 24 cm	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.- decken	Stahlbetonstützen, 40 cm x 50 cm	3	F 180
		Stahlbetonbinder, 40 cm x 90 cm		F 180
	Sonst. bedeut- same Bauteile große Feuer- schutzabschl.	—	2	—
	Bauteile von untergeordne- ter Bedeutung	"Normko"-Sheddachkonstruktion	1	F 120
Nichttragende Bauteile als Ab- grenzung des Brandabschnitts	Außenwände	Gasbetonplatten, 15 cm	1	F 180
	Brüstungen	—	1	—
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	Feuerschutztüren	1	T 30

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Abschnitt einer Fertigungshalle zur Montage und Nachbearbeitung von Holzteilen.

Der Brandabschnitt schließt mit einer Längswand (Brandwand) an den Brandabschnitt Montage und Nachbearbeitung (siehe 03/53/006) an. Die zweite den Brandabschnitt begrenzende Längswand sowie beide Stirnwände (Süden und Norden) sind Außenwände.

1.2. Gebäudenutzung

Dieser Abschnitt der Fertigungshalle dient

- a) der Nachbearbeitung von Holzteilen,
- b) dem Zusammenbau von Holzteilen und der Abstimmung,
- c) als Zwischenlager der fertigen Produkte.

Innerhalb des Brandabschnitts sind 33 Personen ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschoßzahl

Die gesamte Fertigungshalle hat die Abmessungen

$$125,8 \text{ m} \times 125,4 \text{ m} = 15.775 \text{ m}^2$$

und ist eingeschossig.

1.4. Funktion

Der westlich von Brandabschnitt 3 gelegene Fertigungshallenabschnitt dient der Montage und Abstimmung eines Produkts.

Vom Hallenende im Norden beginnend, werden die aus anderen Brandabschnitten angelieferten Einzelteile und Baugruppen weiter vervollständigt. Sie durchlaufen bis zu der im Süden gelegenen Endabnahme die verschiedenen Arbeitsplätze. Im Anschluß an die Endabnahme erfolgt bis zum Versand eine Zwischenlagerung der fertigen Werkstücke am Hallenanfang.

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Der gesamte Hallenteil des 2. Bauabschnitts ist als Sheddach-Halle ausgeführt. Im Abstand von jeweils 12,65 m in Längsrichtung und 19,50 m in Querrichtung sind in diesem Hallenteil Stahlbetonstützen von 40 cm x 50 cm errichtet.

Die Stützen haben eine Höhe von 5 m; auf ihnen liegen Stahlbetonbinder mit Abmessungen von ca. 90 cm x 40 cm.

Auf diesem Stahlbeton-Skelett liegt das Dach, bestehend aus einer "Normko-Shedschale" aus Stahlbeton (B 600) mit unterseitiger Perlitebeschichtung und oberseitigem Kunststoffanstrich.

In nördlicher, westlicher und südlicher Richtung sind Außenwände, die zwischen den Stahlbetonstützen mit 15 cm dicken Gasbetonplatten aufgemauert sind. Gegen den im Osten liegenden Brandabschnitt 3 ist der Hallenteil durch eine 24 cm dicke Brandwand aus Kalksandsteinen und feuerhemmenden Türen (T 30) abgetrennt.

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts:

Länge	101,2 m	Kellergeschoß	-
Breite	19,5 m	Geschoßzahl über OK	1
Fläche	1.973 m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	7,5 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Montage, Nachbehandlung Achsen G H / L - T
Zwischenlager

Gesamtfläche je Geschoß: 15.412 m²
./.. Abzüge: 13.340 m² (andere Brandabschnitte)
Summe: 2.072 m²

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 2.072 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_v + A_h \cdot k_f$
(siehe Punkt 2.6)

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_v	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Erdgeschoß	32 x 1 x 2,35 =	75,2	(1,13 x 2,13) x 4 = 2,77 x 3,20 = 2,25 x 2,50 =	9,63 8,86 5,63	$\frac{99,32}{2.072}$
Die Shedverglasung besteht aus Drahtglas, es sind deshalb nur die Rauchabzugsjalousetten anrechnungsfähig.					0,048

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
Größe: - Anzahl: -
äquivalente Öffnungsfläche: -

[illegible]

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Montage, Nachbarhandlung, Zwischenlager	159.936	2.072	77,2
Summe	159.936	2.072	77,2

2.7. Bestimmung der bewerteten Brandbelastung

Wärmeabzugsfaktor $w = 1,8$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{1,8 \times 159.936}{2.072} = 139 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen Faktoren

Umrechnungsfaktor $c = 0,25$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,3$	$\gamma_{nb} = 0,6$
SK _B 2	$\gamma_2 = 1,0$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 0,7$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\bar{a}} = c \cdot q_r = 0,25 \times 139 \approx 35 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_{\bar{a}} \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 35 \times 1,8 \times 1,0 = 63 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 35 \times 1,3 \times 0,6 = 28 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 35 \times 1,0 \times 0,6 = 21 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 35 \times 0,7 \times 0,6 = 15 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 60
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 30
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F, T, W 30
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	keine
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	keine
	Brüstungen	1	keine
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	keine

Bemerkungen:

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 10.000 m^2 zulässig.
Die Angaben wurden eingehalten.

3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile			SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	Kalksandstein-Mauerwerk, 24 cm	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	Stahlbetonstützen, 40 cm x 50 cm	3	F 180
		Stahlbetonbinder, 40 cm x 90 cm		F 180
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuerschutzabschl.	-	2	-
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	"Normko"-Shed-Dachkonstruktion	1	F 120
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	Gasbetonplatten, 15 cm	1	F 180
	Brüstungen	-	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	Feuerschutztüren	1	T 30

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Lagerraum für Lacke.

Der Lacklagerraum ist im Bereich der Montage an die nordseitig gelegene Außenwand angebaut und wird außerdem von drei Außenwänden begrenzt.

1.2. Gebäudenutzung

Die zu bevorratenden Lacke werden hier gelagert.

Innerhalb des Lacklagerraums ist täglich nur kurzzeitig eine Person beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschoßzahl

Die gesamte Fertigungshalle hat die Abmessungen

$$125,8 \text{ m} \times 125,4 \text{ m} = 15.775 \text{ m}^2$$

Das Lacklager ist ein an die Fertigungshalle angebauter, außerhalb der eigentlichen Fertigungshalle liegender kleiner Raum (angrenzend an Brandabschnitt 3).

1.4. Funktion

Im Lacklager werden die zu bevorratenden Nitro-Lacke, Lösungsmittel und Lackverdünnungen aufbewahrt.

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Der angebaute Lagerraum hat die Abmessungen von ca. 3,6 m x 12 m.

Er besteht nach der Außenseite und den Stirnseiten aus 24 cm dickem Mauerwerk, die an Brandabschnitt 3 angrenzende Wand ist aus 15 cm dicken Gasbetonplatten erstellt.

In den beiden Stirnwänden befindet sich jeweils eine Fb-Tür von 2,13 m x 1,13 m. Außerdem ist in der Gasbetonwand eine Fb-Tür von 2,13 m x 1,13 m, die nach Brandabschnitt 3 führt.

Die lichte Höhe des Lack-Lagerraumes beträgt 4,32 m. Das Dach besteht aus Gasbetonplatten, die auf das Umfassungsmauerwerk aufgelegt wurden, und einer Abdeckung gegen Witterungseinflüsse.

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts:

Länge	12	m	Kellergeschoß	-
Breite	3,6	m	Geschoßzahl über OK	1
Fläche	43,2	m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	~ 4,5	m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Lack-Lageraum

Achsen E F

Gesamtfläche je Geschoß: 15.412 m²
 ./. Abzüge: 15.369 m²
 Summe: 43 m²

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 43 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_v + A_h \cdot k_f$ (siehe Punkt 2.6)

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_v	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Erdgeschoß	-		2,13 x 1,13 =	2,4	$\frac{2,4}{43,2}$
					0,0555

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
 Größe: - Anzahl: -
 äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: - ; CO₂-Objektschutzanlage

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 5 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

2.4. Flucht- und Rettungswege

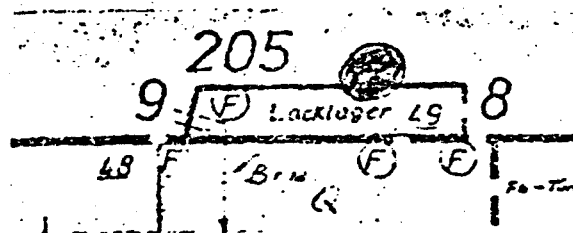
Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 3 m.

2.5. Geschlossene Systeme

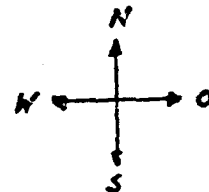
vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung

Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.



Anschluß Brandabschnitt
Montage und Nachbearbeitung



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge	Masse	Vol. [m³]	Wichte [kN/m³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H_u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q_i [kWh]	Abbrand- faktor m_i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ_i [1]	Bewertete Brandlast $Q_{ei} \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]
Erdg.	Lacke auf Nitrobasis in Kübeln << 200 l	flüssig					5.087	7,9	40.187	1,3 ⁺)	1	52.243
	Nitroverdünnung in Kübeln	flüssig					1.390	7,9	10.981	1,3 ⁺)	1	14.275
									51.168 : 43			66.518 : 4
	Aus dem Gebäude braucht keine Brandlast berücksichtigt zu werden.							=	1.189 kWh/m²		=	1.547 kWh/
+) Vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.												

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Erdgeschoß	66.518	43	1.547
Summe	66.518	43	1.547

2.7. Bestimmung der bewerteten BrandbelastungWärmeabzugsfaktor $w = 2,0$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{2,0 \times 66.518}{43} = 3.094 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen FaktorenUmrechnungsfaktor $c = 0,25$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,0$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 2	$\gamma_2 = 0,7$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 0,5$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\bar{a}} = c \cdot q_r = 0,25 \times 3.094 = 774 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_{\bar{a}} \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 774 \times 1,8 \times 1,0 = 1.392 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 774 \times 1,0 \times 1,0 = 774 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 774 \times 0,7 \times 1,0 = 541 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 774 \times 0,5 \times 1,0 = 386 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 120 ⁺)
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F, T, W 90
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F, T, W 60
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	F 60
	Brüstungen	1	W 60
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	T 60

Bemerkungen:

+) t_a liegt mit > 120 Minuten (SK_B3) außerhalb der Norm!

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von $< 2.500 \text{ m}^2$ zulässig.

Die Angaben wurden eingehalten.

3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile		SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	4	-
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken Mauerwerk, 24 cm	3	F 180
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuerschutzabschl.	2	-
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung Dachdeckung aus Gasbetonplatten 12,5 cm	1	F 120
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	-
	Brüstungen	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ² Feuerschutztüren	1	T 90

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.

33-004072-001

INSTITUT FÜR BAUSTOFFKUNDE UND STAHLBETONBAU
DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG
DIREKTOREN: PROF. DR.-ING. K. KORDINA · PROF. DR.-ING. F. S. ROSTÁSY

Baulicher Brandschutz im Industriebau

(Berechnungen nach DIN OO 18 230)

von

Akad. Oberrat Dr.-Ing. U. Schneider

Juni 1978

Teil II

BIBLIOTHEK
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz
der Technischen Universität Braunschweig
Beethovenstraße 52
D-3300 Braunschweig

Untersuchung im Auftrage des Instituts für Bautechnik, Berlin,
Az.: IV/1-5-46/74, IV/1-5-46/75 und IV/1-5-46/76.

Postsendungen:
Beethovenstraße 52, 3300 Braunschweig
Erfüllungsort und Gerichtstand Braunschweig

Fernsprecher: (05 31) 391 22 81

Fernschreiber: 9 52 698 lbtb d

Zur Vermeidung von Verzögerungen wird dringend gebeten, Zuschriften nur an das Institut zu richten, nicht aber an einzelne Mitarbeiter.

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Industriegebäude der chemischen Industrie.

Das Gebäude ist freistehend.

Sämtliche den Brandabschnitt begrenzenden Teile sind Bekleidungen aus gewelltem Hostalit Z (PVC).

1.2. Gebäudenutzung

Das Gebäude ist zur Herstellung von Polypropylen-Granulat vorgesehen. Innerhalb des Brandabschnitts sind je Schicht etwa 15 - 20 Personen ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschoßzahl

Das Gebäude besitzt die Abmessungen

$$69,12 \text{ m} \times 22,41 \text{ m} = 1.549 \text{ m}^2/\text{Geschoß}$$

und hat bei 4 anrechenbaren Geschossen über Oberkante eine Höhe von 25,30 m.

1.4. Funktion

Das Gebäude ist zur Herstellung von Polypropylen-Granulat ausgestattet, d. h. entsprechende Behälter, die zum Teil durch mehrere Geschoßdecken verlaufen, sind eingebaut. Außerdem sind die einzelnen Behälter durch Rohrleitungen miteinander verbunden.

Der größte vorhandene Behälter hat ein Fassungsvermögen von 80 m^3 . Die Behälter können im Brandfall über fest installierte Rohrleitungen bzw. Düsen mit Wasser berieselt werden (Kühlung).

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 04/11/009	Blatt-Nr. 2
-------------------------	--------------------------	----------------

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Der Aufbau ist bei entsprechender Fundamentierung auf Stahlbeton-Einzelfundamenten eine ungeschützte Stahlrahmenkonstruktion aus Stahlstützen HE 700 M in den unteren Geschossen bzw. HE 700 B im oberen Teil, aufgebaut im Rastermaß 7,50 m x 10,75 m, mit Stahlbindern zwischen HE 800 B und HE 340 B und aufgelegten Stahlbeton-Einzeldecken.

Die zwischen den Decken befindlichen Bühnen (9,7 m, 25,3 m) sind als ungeschützte Stahlkonstruktionen zum Teil mit Gitterrosten ausgeführt.

Die Dachkonstruktion besteht aus Stahlbindern o. a. Größe mit aufgelegten Stahlbetonplatten für begehbare Dachteile, sonst Leichtbetonplatten. Das Dach ist ein Kiespreßdach mit Dampfsperre und Wärmeisolierung.

Das Treppenhaus mit Fahrstuhl als Verbindung der einzelnen Geschosse ist feuerbeständig ausgeführt (F 90) und durch Türen (T 90) von der eigentlichen Fabrikation getrennt.

Innenwände sind nicht vorhanden.

Die Außenwände bestehen aus gewelltem Hostalit Z (Polyvinylchlorid), befestigt an der Stahlkonstruktion.

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts: (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Länge	69,1; 39,1 m	Kellergeschoß	-
Breite	22,4 m	Geschoßzahl über OK	4
Fläche	1.548; 876 m ²	Bühnen	2 (9,7; 25,3)
Dachhöhe	13,10; 14,30 m 19,10; 22,10 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Polypropylenanlage

Achsen A - C / 2 - 11

Gesamtfläche je Geschoß: $1.548 \text{ m}^2 \times 2 = 3.096 \text{ m}^2 \rightarrow 0,00; + 6,4$./.. Abzüge: $876 \text{ m}^2 \times 2 = 1.752 \text{ m}^2 \rightarrow 13,10; 19,10$ Summe: $73 \text{ m}^2 \times 4 = 292 \text{ m}^2 \rightarrow \text{Treppenhaus}$ 4.556 m²Rechnerische Brandabschnittsfläche: 4.556 m²2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_V + A_h \cdot k_f$
(siehe Skizze Pkt. 2.6)

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_V +)	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Erdgeschoß (0-6,4 m)	-		69 x 6,4 = 60 x 6,4 =	442 384	
1.Oberg. (6,4-13,1 m)			69 x 6,7 = 60 x 6,7 =	462 402	
2.Oberg. (13,1-19,1 m)			69 x 6,0 = 60 x 6,0 = 10,75 x 6,0 = 10,75 x 4,8 =	414 360 64,5 51,5	
			39 x 6,2 = 30 x 6,2 = 10,75 x 6,2 = 22 x 6,2 =	242 186 67 136	

+) Alle Hostalitbekleidungen werden als Öffnungen gerechnet.

$$\frac{3.211}{4.556} = 0,705$$

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -

Größe: - Anzahl: -

äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: -

Werksfeuerwehr: vorhanden

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

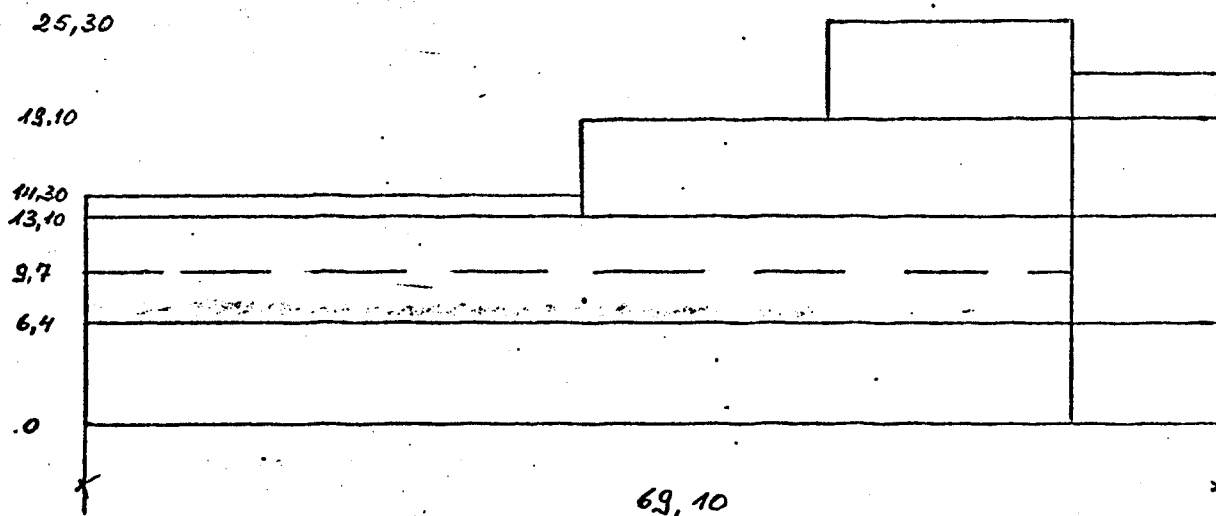
2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 70 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ja/~~nein~~

2.6. Brandlastverteilung



Skizze Längsschnitt
M 1 : 500

Breite: 22,41 m (konstant)

~~<http://publikationsserver.tu-braunschweig.de/dei/6473>~~

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Erdgeschoß	42.614	1.475	
1. Obergeschoß	1.199.835	1.475	
2. Obergeschoß	9.345	803	
3. + 4. Oberg.	-	803	
(Außenbekleidung)	2.924		
Summe	1.254.718	4.556	275,4

2.7. Bestimmung der bewerteten BrandbelastungWärmeabzugsfaktor $w = 0,5$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{0,5 \times 1.254.718}{4.556} = 138 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen FaktorenUmrechnungsfaktor $c = 0,15$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,6$	$\gamma_{nb} = 0,6$
SK _B 2	$\gamma_2 = 1,25$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 0,95$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\bar{a}} = c \cdot q_r = 0,15 \times 138 = 20,7 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_{\bar{a}} \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 21 \times 1,8 \times 1,0 = 38 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 21 \times 1,6 \times 0,6 = 20 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 21 \times 1,25 \times 0,6 = 16 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 21 \times 0,95 \times 0,6 = 12 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 60
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 30
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 30
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	keine
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	keine
	Brüstungen	1	keine
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	keine

Bemerkungen:

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 2.500 m^2 zulässig.

Die Angaben wurden nicht eingehalten.

3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile		SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	4	-
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	3	< F 30 < F 30 < F 30
	Sonst. bedeut- same Bauteile große Feuer- schutzabschl.	2	-
	Bauteile von untergeordne- ter Bedeutung	1	< F 30
Nichttragende Bauteile als Ab- grenzung des Brandabschnitts	Außenwände Hostalit Z	1	< F 30
	Brüstungen	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ² Türen zum Treppenhaus	1	T 90

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Abschnitt des Erdgeschosses zur Oberflächenbearbeitung in einer zweigeschossigen Fertigungshalle.

Der an diesen Brandabschnitt angrenzende Hallenteil ist in Längsrichtung ein Maschinensaal zur Bearbeitung und Herstellung von Holzgehäuseteilen. An den drei anderen Seiten wird der Brandabschnitt von Außenwänden begrenzt. Über dem Brandabschnitt liegt als getrennter Brandabschnitt das 1. Obergeschoß mit einer Montageabteilung.

1.2. Gebäudenutzung

Dieser Abschnitt der Fertigungshalle wird zur Oberflächenbearbeitung von Gehäuseteilen für Fernsehgeräte und Lautsprecherboxen genutzt.

Innerhalb des Brandabschnitts sind etwa 30 bis 40 Personen ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschößzahl

Die Fertigungshalle hat die Abmessungen

$$126 \text{ m} \times 40 \text{ m} = 5.040 \text{ m}^2$$

Die Halle besteht aus Erdgeschoß und 1. Obergeschoß.

1.4. Funktion

In der am westseitigen Halleneingang gelegenen Oberflächenbearbeitung, die als ein Brandabschnitt ausgebildet ist, werden Holz- und Kunststoff-Einzelteile an Spritzkabinen mit entsprechender Luftabsaugung oberflächenbehandelt (spritzlackiert usw.).

Zur Bearbeitung der Teile waren nur sehr geringe Mengen an Lack im Fertigungsbereich. Das eigentliche Lacklager befindet sich entfernt von der Oberflächenbearbeitung in einem objektgeschützten Lagerraum.

Die gesamte Oberflächenbearbeitung ist zusätzlich zur Sprinkleranlage durch die am Halleneingang befindliche CO₂-Anlage gesondert geschützt.

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Die Oberflächenbearbeitung beginnt etwa 11,5 m hinter dem westlichen Halleneingang. Die am Halleneingang liegenden Räume bzw. Fluchtwege (siehe Skizze) sind gegen den Brandabschnitt durch ein 24 cm dickes quer verlaufendes geputztes Mauerwerk, in dem 3 Stahltüren von 2 m Breite mit Fischer-Riegeln eingebaut sind, abgetrennt.

Der im Anschluß an die Oberflächenbearbeitung liegende Brandabschnitt (Fertigungshalle) ist durch ein 36 cm dickes geputztes Mauerwerk, in das 2 Stahltüren (1 x FH, 1 x FB) von 2 m Breite und 1 Stahltür von 1,5 m Breite (zum Kompressorraum) eingebaut sind, abgetrennt. Sämtliche Türen sind mit Rischer-Riegeln versehen.

Längsseitig ist der Brandabschnitt durch 24 cm und 30 cm dickes geputztes Mauerwerk begrenzt (Außenmauerwerk).

Die Geschoßdecke ist eine Stahlbeton-Rippendecke, die auf 6 Stützenreihen ruht. Im einzelnen sind die Stützen in folgenden Seiten- bzw. Längsabständen aufgebaut:

Seitenabstand:

Stützenreihe A ~ 6 m vom südseitig gelegenen Außenmauerwerk
Stützenreihe B ~ 8 m von der Stützenreihe A
Stützenreihe C ~ 8 m von der Stützenreihe B
Stützenreihe D ~ 2,5 m von der Stützenreihe C
Stützenreihe E ~ 3 m von der Stützenreihe D
Stützenreihe F ~ 7,5 m von der Stützenreihe E

Längsabstand: Stützenreihe A = 12 m
Stützenreihe B = 12 m
Stützenreihe C = 12 m
Stützenreihe D = 4 m
Stützenreihe E = 12 m
Stützenreihe F = 12 m

Die Stützen waren Stahlbetonstützen von 5 m Länge mit folgenden Abmessungen:

Stützen der Reihe A 120 cm x 50 cm
Stützen der Reihe B 70 cm x 50 cm
Stützen der Reihe C 70 cm x 50 cm
Stützen der Reihe D 50 cm x 55 cm
Stützen der Reihe E 40 cm x 40 cm
Stützen der Reihe F 40 cm x 40 cm

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 05/41/010	Blatt-Nr. 3
-------------------------	--------------------------	----------------

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts: (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Länge	42	m	Kellergeschoß	-
Breite	40	m	Geschoßzahl über OK	2
Fläche	1.680	m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	~ 15	m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Oberflächenbehandlung Achsen -

Gesamtfläche je Geschoß: 5.040 m²

./. Abzüge: 3.561 m²

(anderer Brandabschnitt, Eingang u. Treppenhaus)

Summe: 1.479 m²

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 1.479 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_V + A_h \cdot k_f$ (siehe Skizze Pkt.2.6)

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_V	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Erdgeschoß	-		(1,8 m x 3 m) x 6 =	32,4	<u>72,18</u>
			(1,8 m x 1,3 m) x 17 =	39,78	
				72,18	1.479
					0,0489

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
Größe: - Anzahl: -
äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: vorhanden, zusätzlich ist eine CO₂-Anlage für die Oberflächenbearbeitung vorhanden.

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 8 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

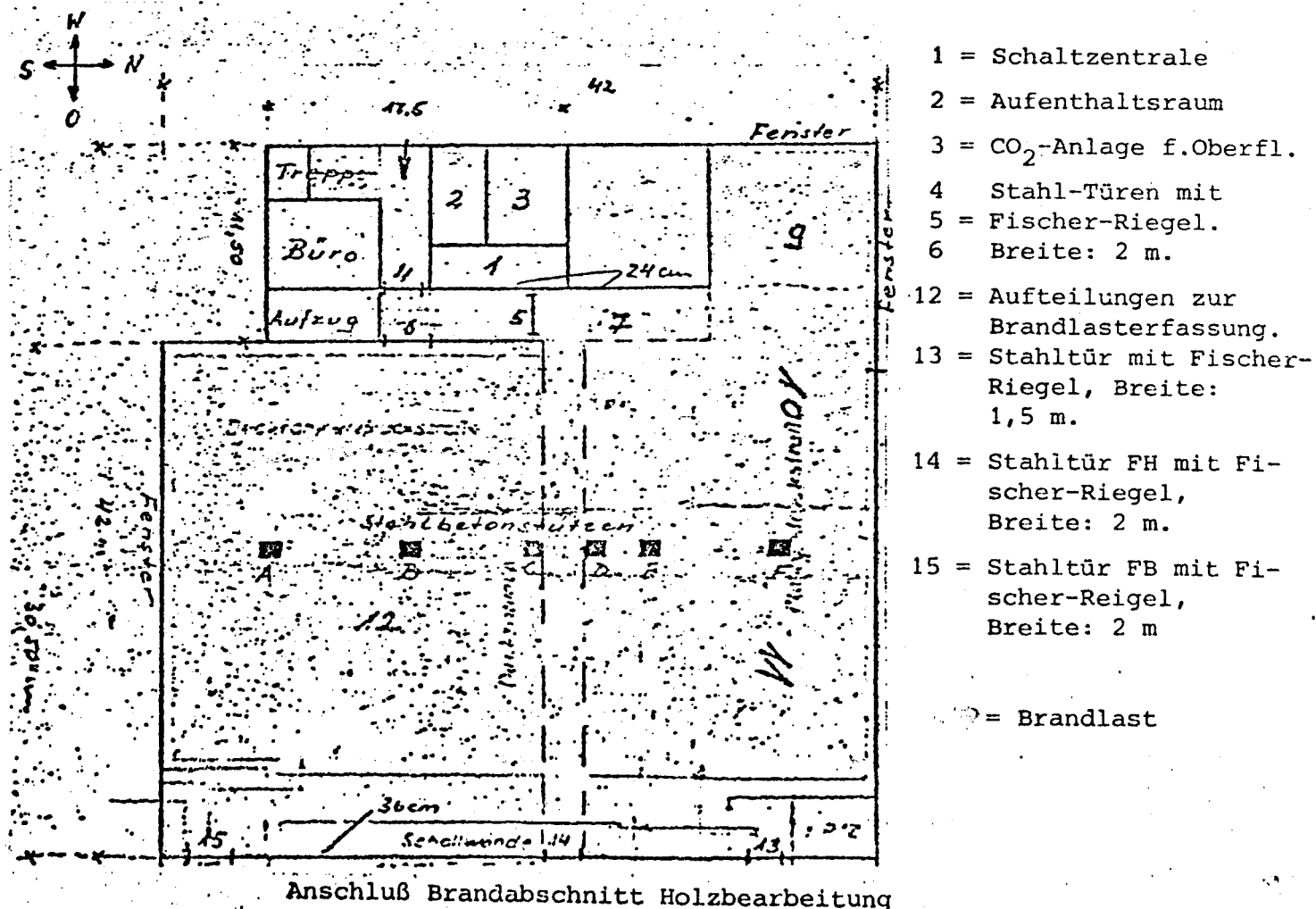
2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 25 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ja/nein

2.6. Brandlastverteilung



Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.

Forschung DIN 18 230		Code-Nummer 05/41/010										Blatt-Nr. 5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge	Masse	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H _u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q _i [kWh]	Abbrand- faktor m _i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ _i [1]	Bewertete Brandlast Q _i · m _i · ψ _i [kWh]
Erdgesch. Oberfl.- bearbtg.	Holz in Form von Spanplatten (Dicke: 15-20mm gestapelt)	fest			47	6,00	28.200	4,8	135.360	0,2	1,0	27.072
	Holz in Form von Leisten usw.	fest			6	6,00	3.600	4,8	17.280	1,0	1,0	17.280
	Hartfaserplatten	fest					50	4,8	240	0,2	1,0	48
	Polystyrol (Deck- rahmen)	fest					3.254	11,0	35.794	0,8 ⁺⁾	1,0	28.635
	Lacke auf Nitrobasis	flüssig					~ 50	7,9	395	1,3 ⁺⁾	1,0	514
	Nitroverdünnung	flüssig					~ 100	7,9	790	1,3 ⁺⁾	1,0	1.027
									189.859 : 1.479			74.576 : 1.479
	An dem Gebäude braucht keine Brandlast berücksichtigt zu werden.							=	128,37 kWh/m ²		=	50,42 kWh/m ²
	+) vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.											

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Erdgeschoß Oberflächenbeh.	74.576	1.479	50,42
Summe	74.576	1.479	50,42

2.7. Bestimmung der bewerteten BrandbelastungWärmeabzugsfaktor $w = 1,8$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{1,8 \times 74.576}{1.479} = 90,76 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen FaktorenUmrechnungsfaktor $c = 0,2$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,3$	$\gamma_{nb} = 0,6$
SK _B 2	$\gamma_2 = 0,95$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 0,6$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\bar{a}} = c \cdot q_r = 0,2 \times 91 = 18 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_{\bar{a}} \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 18 \times 1,8 \times 1,0 = 32 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 18 \times 1,3 \times 0,6 = 23 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 18 \times 0,95 \times 0,6 = 10 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 18 \times 0,6 \times 0,6 = 7 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 60
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 30
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 30
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	keine Anforderungen
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	keine Anforderungen
	Brüstungen	1	keine Anforderungen
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	keine Anforderungen

Bemerkungen:

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 7000 m^2 zulässig. Die Angaben wurden eingehalten.

3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile			SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	Mauerwerk, 24 cm Mauerwerk, 36 cm	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	Stahlbetonstützen 120 cm x 50 cm Stahlbetonstützen 70 cm x 50 cm Stahlbetonstützen 50 cm x 55 cm Stahlbetonstützen 40 cm x 40 cm Mauerwerk, 24 cm und 36 cm	3	F 180
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuerschutzabschl.	Stahlbetonrippendecke Feuerschutzabschluß > 3 m ²	2	F 90 T 90
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	-	1	-
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	siehe Haupttragwerk	1	F 180
	Brüstungen	-	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	1 Tür	1	T 30

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Abschnitt des Erdgeschosses einer Fertigungshalle zur Holzbearbeitung. Der an diesen Brandabschnitt angrenzende Hallenteil ist in Längsrichtung der Fertigungsabschnitt Oberflächenbearbeitung. An den drei anderen Seiten wird der Brandabschnitt von Außenwänden begrenzt. Über dem Brandabschnitt liegt als getrennter Brandabschnitt das 1. Obergeschoß mit einer Montageabteilung.

1.2. Gebäudenutzung

Dieser Abschnitt der Fertigungshalle wird als Maschinensaal zur Bearbeitung und Herstellung von Holzgehäuseteilen für Fernsehgeräte und Lautsprecherboxen genutzt. Innerhalb des Brandabschnitts sind etwa 60 bis 70 Personen ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschoßzahl

Die Fertigungshalle hat die Abmessungen

$$126 \text{ m} \times 40 \text{ m} = 5040 \text{ m}^2.$$

Die Halle besteht aus Erdgeschoß und 1. Obergeschoß.

1.4. Funktion

In dem im Anschluß an die Oberflächenbearbeitung liegenden Abschnitt der Fertigungshalle befinden sich Holzbearbeitungsmaschinen, Fertigungsstraßen zur Bearbeitung von Holz-Gehäuseteilen, eine Folienpresse, die Deckrahmenschleiferei, die Modelltischlerei und Werkzeugschleiferei sowie Büros und sanitäre Räume.

An allen Maschinen werden Einzelteile aus Holz und Kunststoff hergestellt bzw. bearbeitet, die im weiteren Ablauf der Fertigung in anderen Brandabschnitten zu Gehäusen für Fernsehgeräte bzw. Boxen für Lautsprecher komplettiert werden.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 05/42/011	Blatt-Nr. 2
-------------------------	--------------------------	----------------

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Der Maschinensaal liegt ostseitig im Anschluß an die Oberflächenbearbeitung. Gegen den Brandabschnitt Oberflächenbearbeitung ist der Maschinensaal durch 36 cm dickes Mauerwerk, in das 2 Stahltüren (1 x FH; 1 x FB) von 2 m Breite und 1 Stahltür von 1,5 m Breite eingebaut sind, abgetrennt.

Längsseitig ist der Brandabschnitt durch 24 cm und 30 cm dickes geputztes Mauerwerk (Außenmauerwerk), an der Stirnseite (Ostseite) durch 30 cm dicke Betonwände begrenzt.

Im Halleninnern setzen sich die im Brandabschnitt Oberflächenbearbeitung beschriebenen Stützenreihen fort, und zwar im Seitenabstand

Stützenreihe A ~ 6 m vom südseitig gelegenen Außenmauerwerk

Stützenreihe B ~ 8 m von der Stützenreihe A

Stützenreihe C ~ 8 m von der Stützenreihe B

Stützenreihe D ~ 2,5 m von der Stützenreihe C

Stützenreihe E ~ 3 m von der Stützenreihe D

Stützenreihe F ~ 7,5 m von der Stützenreihe E

Längsabstand: Stützenreihe A, B, C, E, F = 12 m
Stützenreihe D = 4 m

Abmessungen der Stützen

Stützen der Reihe A = 120 cm x 50 cm

Stützen der Reihe B und C = 70 cm x 50 cm

Stützen der Reihe D = 50 cm x 55 cm

Stützen der Reihe E und F = 40 cm x 40 cm

Sämtliche Stützen sind Stahlbetonstützen von ~ 5 m Länge.

Die Geschoßdecke ist eine Stahlbeton-Rippendecke, die auf den 6 Stützenreihen ruht.

Im Erdgeschoß hat die Halle eine Breite von etwa 40 m.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 05/42/011	Blatt-Nr. 3
-------------------------	--------------------------	----------------

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts: (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Länge	84 m	Kellergeschoß	-
Breite	40 m	Geschoßzahl über OK	2
Fläche	3.360 m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	~ 15 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Holzbearbeitung (Maschinen- Achsen -
saal)

Gesamtfläche je Geschoß: 5.040 m²

./. Abzüge: 1.680 m² (andere Brandabschnitte u. Eingang und Treppenhaus)

Summe: 3.360 m²

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 3.360 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_v + A_h \cdot k_f$ (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_v	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Erdgeschoß	-	-	(3,0 x 1,8) x 28 =	151,2	$\frac{151,2}{3.360}$
					0,045

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
Größe: - Anzahl: -
äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: vorhanden

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 8 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

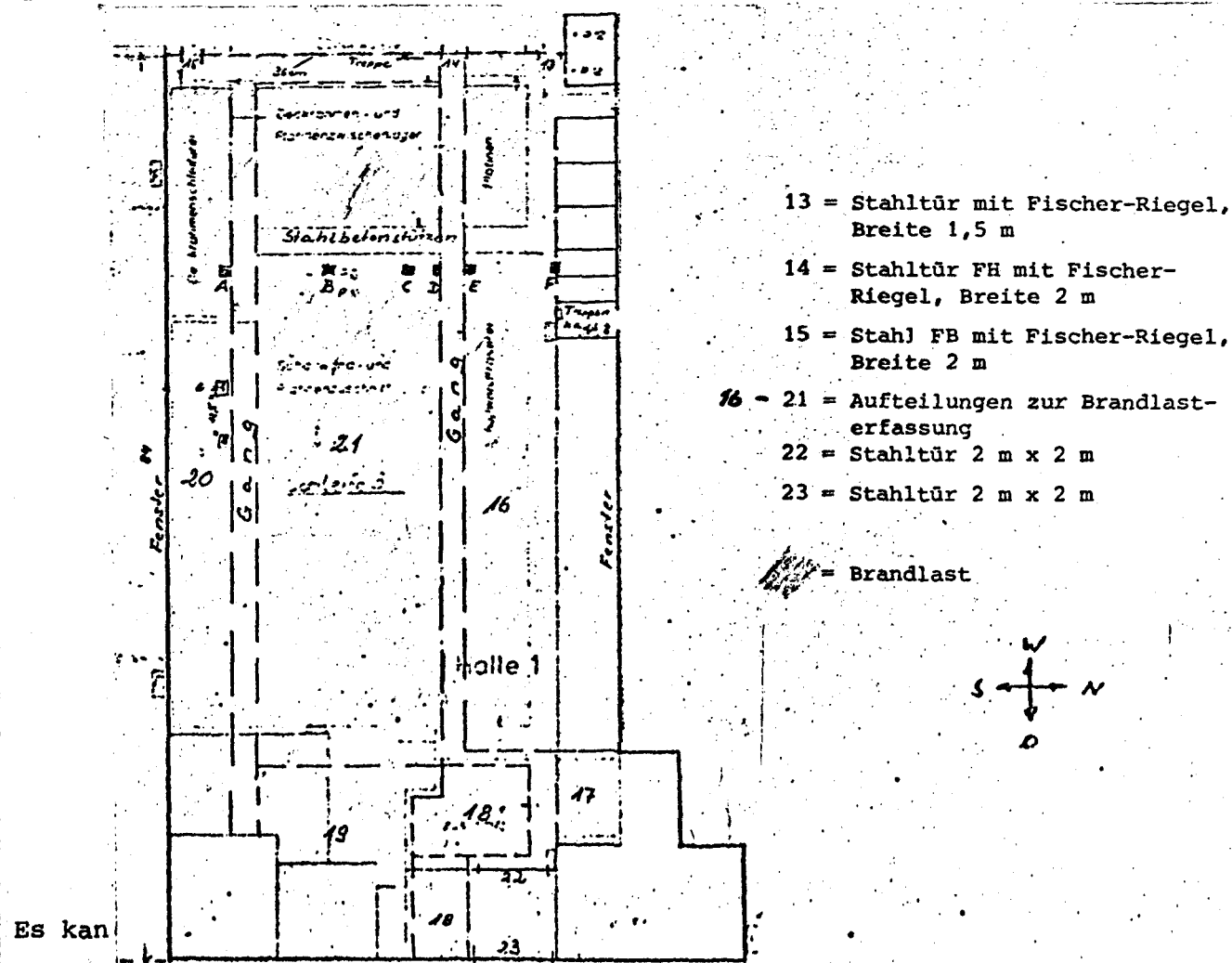
2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 50 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ja/nein

2.6. Brandlastverteilung



Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge	Masse	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H_u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q_i [kWh]	Abbrand- faktor m_i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ_i [1]	Bewertete Brandlast $Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]
Erdg. Holzbe- arbeitg.	Holz in Form von ge- stapelten Spanplat- ten (Dicke 15-20mm) u.Spanplattenleisten	fest			170	6,00	102.000	4,8	489.600	0,2	1,0	97.920
	Holz in Form von lo- se gelagerten Span- platten, Leisten usw.	fest			37	6,00	22.200	4,8	106.560	1,0	1,0	106.560
	Hartfaserplatten (gestapelt)	fest			1,25	7,00	875	4,8	4.200	0,2	1,0	18.012
	Polystyrol (Deck- rahmen)	fest					1.975	11,0	21.725	0,8 ⁺	1,0	17.380
	Packmaterial (Wellpappe)	fest			2	1,25	250	4,4	1.100	0,7 ⁺	1,0	770
	PVC-Umleimer	fest					6.290	5,2	32.708	0,2 ⁺	1,0	6.542
									655.893:3.360			247.184:3.360
								=	195,2 kWh/m ²		=	73,56 kWh/m ²
	Aus dem Gebäude braucht keine Brandlast berücksichtigt zu werden.											
	+) vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.											

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Erdgeschoß, Holzbearbeitung	247.184	3.360	73,6
Summe	247.184	3.360	73,6

2.7. Bestimmung der bewerteten BrandbelastungWärmeabzugsfaktor $w = 2,2$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{2,2 \times 247.184}{3.360} = 162 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen FaktorenUmrechnungsfaktor $c = 0,2$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,6$	$\gamma_{nb} = 0,6$
SK _B 2	$\gamma_2 = 1,25$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 0,95$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\bar{a}} = c \cdot q_r = 0,2 \times 162 = 32 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\text{erf } F = t_{\bar{a}} \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_{\bar{a}} \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 32 \times 1,8 \times 1,0 = 58 \quad [\text{min}]$$

$$= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 32 \times 1,6 \times 0,6 = 31 \quad [\text{min}]$$

$$= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 32 \times 1,25 \times 0,6 = 24 \quad [\text{min}]$$

$$= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 32 \times 0,95 \times 0,6 = 18 \quad [\text{min}]$$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile

3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 90
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 60
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 60
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F 30
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	F 30
	Brüstungen	1	W 30
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	T 30

Bemerkungen:

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 3.600 m^2 zulässig. Die Angaben wurden eingehalten.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 05/42/011	Blatt-Nr. 8
-------------------------	--------------------------	----------------

3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile			SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	Mauerwerk, 36 cm	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	Stahlbetonstützen 120 cm x 50 cm Stahlbetonstützen 70 cm x 50 cm Stahlbetonstützen 50 cm x 55 cm Stahlbetonstützen 40 cm x 40 cm Mauerwerk, 24 cm und 30 cm	3	F 180
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuerschutzabschl.	Stahlbetonrippendecke Feuerschutzabschluß > 3 m ²	2	F 90 T 90
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	-	1	-
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	siehe Haupttragwerk	1	F 180
	Brüstungen	-	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	1 FH-Tür	1	T 30

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Obergeschoß einer Fertigungshalle zur Montage von Holz und Kunststoffteilen. Das gesamte Obergeschoß ist ein abgeschlossener Brandabschnitt mit Außenwänden, über der Oberflächenbearbeitung und dem Holzbearbeitungs-Maschinensaal gelegen.

1.2. Gebäudenutzung

Dieser Abschnitt der Fertigungshalle wird zum Zusammenbau von Holzgehäusen für Fernsehgeräte und Lautsprecherboxen genutzt.

Innerhalb des Brandabschnitts sind etwa 100 - 120 Personen ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschoßzahl

Die Fertigungshalle hat die Abmessungen

$$126 \text{ m} \times 40 \text{ m} = 5.040 \text{ m}^2.$$

Die Halle besteht aus Erdgeschoß und 1. Obergeschoß.

1.4. Funktion

Im 1. Obergeschoß (über der Lackiererei und dem Maschinenraum) befinden sich die Unterboden-, Deckrahmen und Schallwandvorbereitung sowie 8 Karussell-Bänder, 4 Boxengehäuse-Montagebänder, die Weißschleiferei und die Weißspritzerei. An einer Längsseite (Nordwand) sind Büro- und Toilettenräume angeordnet.

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Die Montage, im Obergeschoß über den Brandabschnitten Oberflächenbearbeitung und Holzbearbeitungsmaschinensaal gelegen, wird allseitig von 30 cm dicken Beton-Außenwänden begrenzt. Zur Abtragung der aus dem Dach auftretenden Lasten sind im Obergeschoß zwei Stützenreihen angeordnet. Vom südseitigen Außenmauerwerk ist die eine Reihe etwa 17 m entfernt, der Abstand zwischen den beiden Stützenreihen beträgt etwa 5,5 m. Die Stützen haben Abmessungen von 30 cm x 30 cm bzw. 30 cm x 25 cm und eine Länge von etwa 4 m.

Ausgebaut ist das Obergeschoß etwa 11,5 m von der westseitigen Außenwand mit einer 24 cm dicken Trennwand, in die drei Stahltüren (2 Stahltüren, 1 FH-Tür) eingebaut sind. Dadurch wird der Arbeitsraum vom Treppenhaus (Fluchtweg) getrennt.

Bei 1/3 der Hallenlänge (42 m von der westseitigen Außenwand) ist eine 24 cm dicke Wand über einer im Erdgeschoß befindlichen Wand errichtet, in die drei Stahltüren (2 Stck. 2 m x 2 m, 1 Stck. 2,5 m x 2 m) eingebaut sind. Etwa in Mitte der Raumbreite endet an dieser Trennwand eine aus dem Erdgeschoß ins Obergeschoß führende Treppe. Der Treppendurchbruch ist durch Mauerwerk von 11,5 cm Dicke eingefast. Eine eingebaute feuerhemmende Tür (1 m x 2 m) trennt den Brandabschnitt Montage von dem im Erdgeschoß liegenden Brandabschnitt.

Das ostseitig gelegene Treppenhaus, das zwischen Schleiferei und Weißlackiererei liegt, wird als Fluchtweg durch eine feuerbeständige Tür vom Brandabschnitt abgeschlossen.

Die Decke des Obergeschosses besteht aus abgehängten Gipskartonplatten mit einer Mineralfaserisolierung.

Über dem Obergeschoß befinden sich ein begehbare Boden und der Dachstuhl, der aus einem Holzfachwerkverband besteht.

Das Dach ist mit Welleternit gedeckt, das auf 10 mm dicke Holzfaserplatten aufgelegt ist.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 05/43/012	Blatt-Nr. 3
-------------------------	--------------------------	----------------

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter (siehe Skizze Pkt. 2.6)

2.1. Größe des Brandabschnitts:

Länge	126	m	Kellergeschoß	-
Breite	35	m	Geschoßzahl über OK	2
Fläche	4.410	m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	~ 15	m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: 1. Obergeschoß (Zusammenbau) Achsen -

Gesamtfläche je Geschoß: 4.410 m²

./. Abzüge: 263 m²

Summe: 4.147 m²

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 4.147 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_V + A_h \cdot k_f$ (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_V	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Obergesch.	(24 x 0,75) x 2,25	40,5	(1,3 x 1,8) x 16	= 37,44	$\frac{297,90}{4.147}$
			(2,6 x 1,8) x 47	= 219,96	
				257,40	
					0,072

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -

Größe: - Anzahl: -

äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: vorhanden

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 8 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

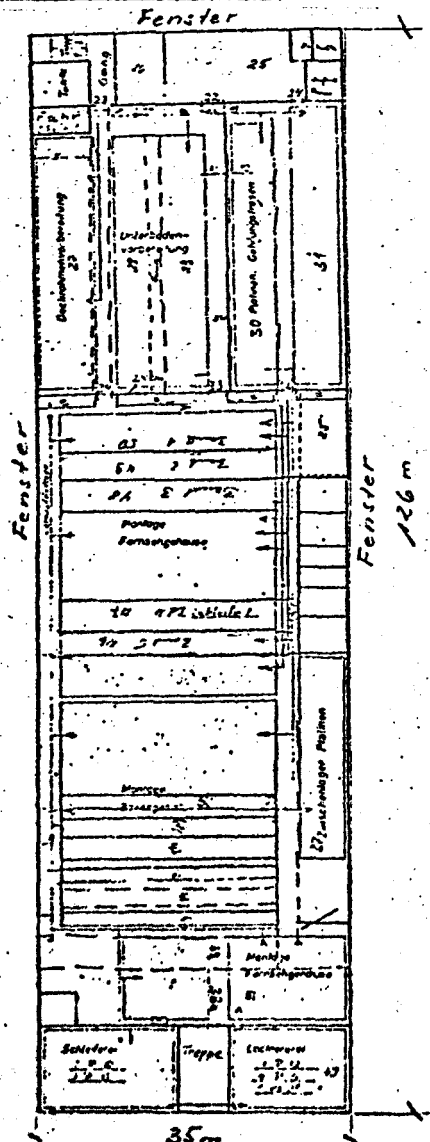
2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 75 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ja/nein

2.6. Brandlastverteilung



- 22 = Feuerhemmende Stahltür (T 30),
Größe: 2 m x 2 m
- 23 = Stahltür mit Fischer-Riegel,
Größe: 2 m x 2 m
- 24 = Stahltür, Größe: 1,10 m x 2,00 m
- 32 = Stahltür, Größe: 2,5 m x 2,0 m
- 33 + 34 = Stahltür, Größe: 2 m x 2 m
- 25 - 52 = Aufteilungen zur Brandlast-
erfassung

= Brandlast



Es kann mit einer gleichmäßig ver-
teilten mittleren Brandlast ge-
rechnet werden.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge m ²	Masse kg/m ²	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H _u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q _i [kWh]	Abbrand- faktor m _i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ _i [1]	Bewertete Brandlast Q _i · m _i · ψ _i [kWh]
Oberg.	Holz in Form von ge- stapelten Spanpl.	fest			108	600	64.800	4,8	311.040	0,2	1,0	62.208
	Holz, lose (Lei- sten usw.)	fest			57,35	600	34.410	4,8	165.168	1,0	1,0	165.168
	Polystyrol (Deck- rahmen)	fest					10.230	11,4	116.622	0,8 ⁺	1,0	93.298
	Kunstharzlack	flüssig					300	11,4	3.420	1,2 ⁺	1,0	4.104
	Kunstharzverdünnung	flüssig					240	12	1.880	1,2 ⁺	1,0	3.456
	<u>Brandlast aus dem Gebäude:</u>											
	Holz aus dem Dach- stuhl (Bretter)	fest			120	600	72.000	4,8	345.600	0,8	1,0	276.480
	Kanthölzer											
	Faserplatten, 10 mm (Unterlage für Welleternit)	fest	5.200	4	-	-	20.800	ca. 4.4	91.520	1,0	1,0	91.520
									1.036.250 :	4147		696.234 : 4147
									=	249,9 kWh/m ²		= 167,8 kWh/m ²
	+) vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.											

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Obergeschoß (Zusammenbau)	696.234	4.147	167,8
Summe	696.234	4.147	167,8

2.7. Bestimmung der bewerteten BrandbelastungWärmeabzugsfaktor $w = 1,2$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{1,2 \times 696.234}{4.147} = 201 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen FaktorenUmrechnungsfaktor $c = 0,2$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,6$	$\gamma_{nb} = 0,6$
SK _B 2	$\gamma_2 = 1,25$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 0,95$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\bar{a}} = c \cdot q_r = 0,2 \times 201 = 40 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_{\bar{a}} \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 40 \times 1,8 \times 1,0 = 73 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 40 \times 1,6 \times 0,6 = 39 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 40 \times 1,25 \times 0,6 = 30 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 40 \times 0,95 \times 0,6 = 23 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 05/43/012	Blatt-Nr. 7
-------------------------	--------------------------	----------------

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile

3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 90
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 60
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 60
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F 30
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	F 30
	Brüstungen	1	W 30
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	T 30

Bemerkungen:

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 3.600 m^2 zulässig. Die Angaben wurden nicht eingehalten.

3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile		SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	4	-
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	3	F 120 F 90 F 180
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuer-schutzabschl.	2	-
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F 30 < F 30
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände siehe Haupttragwerk	1	F 180
	Brüstungen	1	-
	1 Tür (Treppenaufgang) Feuerschutzabschlüsse < 3 m ² 1 Tür (Treppenhaus-Ost) 1	1	T 30 T 90

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Fertigungshalle, durch Ytong-Wand in zwei Abschnitte geteilt.
Der gesamte Brandabschnitt wird von Außenwänden begrenzt.

1.2. Gebäudenutzung

Die Halle wird durch eine längsverlaufende Ytong-Wand in zwei Abschnitte geteilt, und zwar

- a) in den Montage-Hallenteil und die Gehäuseverladung,
- b) in ein Lager für Verbrauchsstoffe (ebenerdig gelegen) und Verpackungsmaterial, das auf einer begehbaren Bühne gelagert wird.

Innerhalb des Brandabschnitts sind etwa 60 - 70 Personen ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschößzahl

Die Fertigungshalle hat die Abmessungen

$$\begin{array}{rcl} 100 \text{ m} \times 47,5 \text{ m} & = & 4.750 \text{ m}^2 \\ + 75 \text{ m} \times 15 \text{ m} & = & 1.125 \text{ m}^2 \\ \hline & & 5.875 \text{ m}^2 \end{array}$$

Im Montage-Hallenteil ist die Halle eingeschossig. Der Lagerhallenteil ist ebenfalls eingeschossig, da die im Lager auf ca. 3 m Höhe eingebaute Bühne mit Holzfußboden als Öffnung zählt.

1.4. Funktion

In der Fertigungshalle befindet sich auf der Südseite der Montage-Hallenteil. Hier werden auf 2 Montagebändern Lautsprecherboxen montiert. Im östlich gelegenen rückwärtigen Teil der Halle werden die im Obergeschoß der Halle 1 montierten und über Kettenförderer angelieferten Fernsehgehäuse verpackt und zum Versand gebracht.

Die Halle ist durch eine längsverlaufende 8 cm dicke Ytong-Wand geteilt. Nordseitig befindet sich ebenerdig das Hauptlager mit den zur Montage benötigten Verbrauchsgütern. Auf einer Bühne, die sich über etwa 75 % des Lagers erstreckt, wird Styropor-Verpackungsmaterial gelagert und über Kettenförderer der Packerei zur Verpackung der Fernsehgehäuse zugeführt.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 05/44/013	Blatt-Nr. 2
-------------------------	--------------------------	----------------

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Die Halle besteht aus einer tragenden, nicht ummantelten Stahlskelettkonstruktion, ausgefacht mit Gasbetonplatten.

Im Halleninnern befinden sich zwei Stützen-Reihen aus nicht ummantelten Stahlstützen I PE 200, die jeweils im Abstand von 2,5 m in Längsrichtung der Halle verlaufen. Die Stützen haben eine Höhe von etwa 7 bis 7,5 m.

Die südseitige Außenwand wird von 24 cm dicken Gasbetonplatten zwischen gemauerten Stützen von 30 cm x 24 cm gebildet.

Die nordseitige Außenwand wird von 8 cm dicken Gasbetonplatten gebildet, mit denen die nicht ummantelten Stahlstützen I PE 200 ausgefacht sind.

Die ostseitige Wand wird von 11,5 cm dicken Gasbetonplatten gebildet, mit denen nicht ummantelte Stahlstützen I PE 140 ausgefacht sind.

Westseitig bildet 24 cm dickes Mauerwerk den Abschluß zu den Sozialräumen (Kantine, Aufenthaltsraum, Toiletten). Das Außenmauerwerk besteht hier aus Mauerwerk und ist 30 cm dick. Auf etwa 5,5 m Höhe ist der gesamte Montage-Hallenteil mit einer abgehängten Unterdecke aus Gipskartonplatten versehen.

Das Dach der Halle ist ein Giebedach mit etwa 20° Neigung. Die Dachdeckung besteht aus Ytong-Platten mit einer Teerpappedeckung, die auf einer Stahlfachwerkbinderkonstruktion aufliegen.

Ausbau

Die Nordseitig im Halleninnenraum liegende Stützenreihe ist durch 8 cm dicke Gasbetonplatten ausgefacht. Dadurch wird die Halle in einen südseitigen und einen nordseitigen Teil unterteilt. Südseitig liegt (ebenerdig) die Montage. Nordseitig liegt ebenerdig das Hauptlager mit den zur Fertigung benötigten Verbrauchsgütern. Zu etwa 75 % der Grundfläche des Hauptlagers ist in etwa 3 m Höhe eine Bühne mit einer Tragfähigkeit von 350 kg/m² montiert, auf der Styropor-Verpackungsmaterial gelagert wird. An der nordseitig gelegenen Außenwand befinden sich noch einige in Holzkonstruktion errichtete Büroräume. Die Bühne ist eine Stahlkonstruktion, deren Auflagerkonsolen in Abständen von 5 m aus U 100 an den Stahlstützen angeschweißt sind. Auf den Konsolen liegen in Abständen von 5 m Breitflanschträger I PB 220. Auf diesen Trägern sind quer dazu im Abstand von 125 cm Träger I PE 160 angebracht. Darauf ist der Fußboden aus 30 cm dicken Bohlen verlegt.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 05/44/013	Blatt-Nr. 3
-------------------------	--------------------------	----------------

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts: (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Länge	100 m; 75 m	Kellergeschoß	-
Breite	47,5 m; 15 m	Geschoßzahl über OK	1
Fläche	5.875 m ²	Bühnen	~ 3 m
Dachhöhe	~ 10 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Montagehalle und Hauptlager Achsen -
mit Bühne

Gesamtfläche je Geschoß: 4.750 m²
+ 1.125 m²
./.. Abzüge: -
Summe: 5.875 m²

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 5.875 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_V + A_h \cdot k_f$ (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_V	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Erdgeschoß	(6 x 2 m ²) x 1,75	21	2,5 m x 2,5 m	= 6,25	$\frac{165,05}{5.875}$
			(2,0 m x 2,0 m) x 3	= 12,00	
			(2,4 m x 1,5 m) x 33	= 118,8	
			(1,75 m x 2 m) x 2	= 7,0	
				144,05	
					0,028

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
Größe: - Anzahl: -
äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: vorhanden

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 8 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

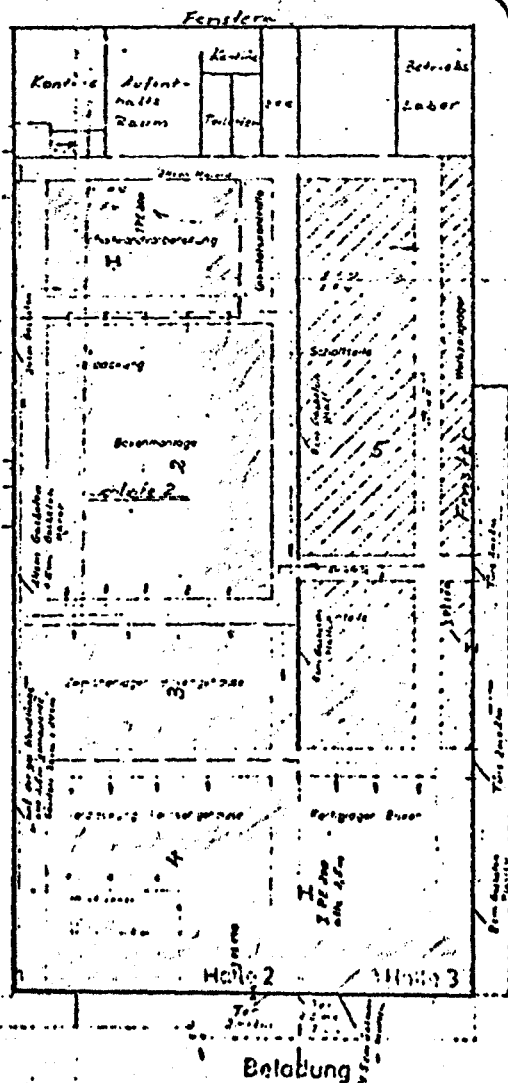
2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 60 m.

2.5. Geschlossene Systeme

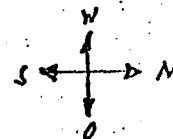
vorhanden: ja/nein

2.6. Brandlastverteilung



1 - 5 = Aufteilungen zur Brandlast-
lasterfassung

Brandlast



Es kann mit einer gleichmäßig
verteilten mittleren Brandlast
gerechnet werden.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge m^2	Masse kg/m^2	Vol. $[m^3]$	Wichte $[kN/m^3]$	Gesamtmasse $[kg]$	Unterer Heizwert H_u $[kWh/kg]$	Unbewertete Brandlast Q_i $[kWh]$	Abbrand- faktor m_i $[1]$	Kombina- tionsbei- wert ψ_i $[1]$	Bewertete Brandlast $Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ $[kWh]$
Erdg.	Holz (Boxen aus Spanplatten)	fest					22.777	4,8	109.330	1,0	1,0	109.330
	Wellpappe	fest					7.000	4,4	30.800	0,7 ⁺⁾	1,0	21.560
	Papier	fest					8.504	4,2	35.717	0,2	1,0	7.143
	Polystyrol (hart)	fest					9.064	11,0	99.704	0,8 ⁺⁾	1,0	79.763
	Polyäthylenfolie	fest					5.681	12,2	69.308	0,5 ⁺⁾	1,0	34.654
	PVC-Schaum	fest					268	5,2	1.394	0,8 ⁺⁾	1,0	1.115
	PVC-Isolierungen	fest					800	5,2	4.160	0,2 ⁺⁾	1,0	832
	Kork	fest					70	5,0	350	1,0 ⁺⁾	1,0	350
	Gummi	fest					100	9,5	950	0,5 ⁺⁾	1,0	475
	PE-Kantenbeschichtg.	fest					216	5,2	1.123	0,8 ⁺⁾	1,0	899
Bühne	Holz aus Bühnenboden (75 x 15 x 0,03 m^3)	fest	1.125		33,75	600	20.250	4,8	97.200	1,0	1,0	97.200
	Gummifußbodenbelag	fest	1.125	2			2.250	9,5	21.375	0,5 ⁺⁾	1,0	10.687
	Polystyrolschaum (Styropor)	fest					7.676	11,4	87.506	0,8	1,0	70.005
	Moltopren-Tuch (Schaumgummi)	fest					2.237	7,8	17.449	0,8 ⁺⁾	1,0	13.959
Aus dem Gebäude braucht keine Brandlast berücksichtigt zu werden.									576.366 : 5.875			447.972 : 5.87
+) Vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.									= 98,10 kWh/m^2			= 76,25 kWh/m^2

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Montagehalle und Hauptlager (mit Bühne)	447.952	5.875	76,25
Summe	447.952	5.875	76,25

2.7. Bestimmung der bewerteten BrandbelastungWärmeabzugsfaktor $w = 2,2$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{2,2 \times 447.952}{5.875} = 168 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen FaktorenUmrechnungsfaktor $c = 0,25$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,6$	$\gamma_{nb} = 0,6$
SK _B 2	$\gamma_2 = 1,25$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 0,95$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\bar{a}} = c \cdot q_r = 0,25 \times 174 = 42 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_{\bar{a}} \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 42 \times 1,8 \times 1,0 = 75 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 42 \times 1,6 \times 0,6 = 40 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 42 \times 1,25 \times 0,6 = 31 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 42 \times 0,95 \times 0,6 = 24 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile

3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 90
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 60
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 60
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F 30
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	F 30
	Brüstungen	1	W 30
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	T 30

Bemerkungen:

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 5.000 m^2 zulässig. Die Angaben wurden nicht eingehalten.

3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile		SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	4	-
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	nicht ummantelte Stahlstützen I PE 200 nicht ummantelte Stahlstützen I PE 140 3 gemauerte Stützen, 30 cm x 24 cm) < F 30 F 90
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuer-schutzabschl.	2	-
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	ungeschütztes Stahlfachwerk als Dachtragwerk abgehängte Unterdecke 1	< F 30 < F 30
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	Gasbetonplatten, 8 cm Gasbetonplatten, 24 cm 1	F 30 F 120
	Brüstungen	- 1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	Feuerschutzabschluß am Kettenförderer Feuerschutztür 1	T 30 T 30

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Teil des Kellers eines Fabrikationsgebäudes.

Die an den Brandabschnitt angrenzende Fläche wird durch Versorgungseinrichtungen wie Trafostation, Kompressorenraum, Abluftzentrale und einen Aufzug genutzt.

1.2. Gebäudenutzung

Lagerraum

Der Lagerraum ist nur kurzzeitig beim Umschlag der gelagerten Güter von Personen frequentiert, d. h. je Stunde wird der Raum etwa 12 mal von einer Person betreten.

1.3. Grundrißfläche und Geschößzahl

Das Fabrikationsgebäude hat Abmessungen von etwa

$$60 \text{ m} \times 45 \text{ m} = 2.700 \text{ m}^2.$$

Das Fabrikationsgebäude ist in einen dreigeschossigen Teil (Keller, Erdgeschoß und 1. Obergeschoß) und in einen viergeschossigen Teil (Keller, Erdgeschoß, 1. Obergeschoß und 2. Obergeschoß) gegliedert.

1.4. Funktion

Die Brandabschnittsfläche des Kellergeschosses wurde als Lagerraum für auf Paletten gestapelte Pappkartons verwendet.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 06/81/014	Blatt-Nr. 2
<p>1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe Skizze Pkt. 2.6)</p> <p><u>1.5.1. Allgemeines</u></p> <p>Die lichte Kellerhöhe beträgt, gemessen von Oberkante Fußboden bis Unterkante Kellerdecke, rd. 3,02 m - gemessen in den "Rippentälern" der Rippendecke - rd. 3,30 m. Der vorstehend beschriebene Keller mit den Fensteröffnungen in Achse A besaß zwischen den Achsen C und D eine Öffnung, die in der Skizze (s. Pkt. 2.6) mit T₁ gekennzeichnet ist. In der Achse D befindet sich eine Tür, die in der Skizze mit T₂ gekennzeichnet ist.</p> <p><u>1.5.2. Beschreibung der Kellerdecke</u></p> <p>Die Kellerdecke ist eine vorgespannte Rippendecke, die sich parallel zu den Achsen 4 bis 11 über drei etwa gleichgroße Felder mit Stützweiten von rd. 9 m spannt. Die Deckendicke im Bereich der Rippen beträgt 28 cm und im Bereich der Spiegel 8 cm. Die Rippen sind 45 cm breit (Normalrippen) und 20 cm hoch. Im Bereich des Mittelfeldes zwischen den Achsen B und C sind "Doppelrippen" vorhanden, d. h. die ebenfalls 45 cm breiten "Rippentäler" sind voll mit ausbetoniert. Auf diese Weise entstehen Rippen mit einer unteren Breite von 90 cm. Im Gegensatz hierzu sind in den Endfeldern (Achse A/B und Achse B/D) nur Normalrippen vorhanden; d. h. auf jede Rippe von 45 cm Breite folgt ein Rippental von ebenfalls 45 cm Breite. Die Rippentäler sind so angeordnet, daß sie im Bereich der Stützen in den Achsen B und C einen rd. 2,50 m breiten Massivstreifen ergeben. In den Achsen A und D sind die Massivstreifen nur 50 bzw. 75 cm breit. In der Achse 7 befindet sich eine Dehnfuge.</p> <p>Die Betongüte der Rippendecke war B 450. Die Rippen sind mit einer schlaffen Bewehrung aus Stahl IIIb bewehrt und besitzen außerdem 1 bzw. 2 Spannglieder, Spannverfahren Holzmann. Die Spannglieder - ein bis zwei pro Normalrippe bzw. 4 pro Doppelrippe - sind mit Spannstählen St 145/160 bestückt. Die Spanngliedführung ist gekrümmt.</p> <p><u>1.5.3. Beschreibung der Unterzüge in Achse A</u></p> <p>Bei den Unterzügen in Achse A (Fensterstürze) handelt es sich um einhüftige Plattenbalken. Sie besitzen an der Unterseite eine Breite von 50 cm, wobei 15 cm nach außen zur Aufnahme einer Fassade überstehen. Die Feldbewehrung besteht aus Stahl IIIb 6 Ø 24. Bei einem Bügeldurchmesser von 8 mm ergibt sich ein Achsmaß $u \geq 30$ mm.</p> <p><u>1.5.4. Beschreibung des Unterzuges in Achse D</u></p> <p>Beim Unterzug in Achse D handelt es sich um einen massivstreifenförmigen Unterzug mit 1 m Breite. Die Bewehrung besteht aus Stahl IIIb Ø 26.</p> <p><u>1.5.5. Beschreibung des mittleren Massivstreifens in den Achsen B und C</u></p> <p>Die in den Achsen B und C vorhandenen mittleren Massivstreifen stellen gewissermaßen die mittleren Auflager der sich quer dazu spannenden Rippendecke dar. Die Massivstreifen sind jeweils rd. 2,50 m breit. Sie sind als Durchlaufplatten über ≥ 4 Felder berechnet. Die Feldbewehrung besteht aus 30 bzw. 44 Stäben St IIIb Ø 26. Die Bügel der mittleren Massivstreifen haben einen Durchmesser von 12 mm.</p> <p><u>1.5.6. Beschreibung der Stützen</u></p> <p>Die Stützen in den Achsen B und C besitzen Querschnitte von 50 cm x 50 cm. Ähnliche Abmessungen, zum Teil jedoch mit Aussparungen, liegen in der Achse D vor. In der Achse A sind die Stützen zu Fensterpfeilern verbreitert. In Achse 7 sind die Stützen infolge einer Dehnfuge geteilt ausgeführt. Die Stützen besitzen Bügel Ø 8 und Bewehrungsstäbe von Ø 14 und 24. In den quadratischen Stützen der Achsen B und C sind pro Stütze 12 Längsstäbe angeordnet.</p> <p style="text-align: right;">(Fortsetzung siehe Rückseite)</p>		

1.5.7. Beschreibung der Wände

Die Wände in der Achse A bestehen aus Beton. Die Wände in den Achsen D, 6/7 und 11' bestehen aus Hohlblocksteinen nach DIN 18 152, wobei nach äußerer Betrachtung Bims als Zuschlagstoff verwendet wurde. Die Wände in Achse A und D sind geputzt.

(... ..)

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

(... ..)

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts: (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Länge	26,33 m	Kellergeschoß	1
Breite	26,82 m	Geschoßzahl über OK	3
Fläche	706 m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	8,8 m + 13 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Teilfläche Keller

Achsen A - D / 6 - 11'

Gesamtfläche je Geschoß: 706 m²

./. Abzüge: 73 m² → aus Einbauten und Stützenflächen

Summe: 633 m²

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 633 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_v + A_h \cdot k_f$

(siehe Skizze Pkt. 2.6)

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_v	m ²	$\frac{A_F}{A_i}$
Keller	-	-	(4,05 x 1,54) x 2 =	12,47	$\frac{29,3}{633}$
			2,00 x 1,54 =	3,08	
			2,75 x 1,54 =	4,23	
			2,75 x 2,00 =	5,50	
			2,00 x 2,00 =	4,00	
				29,28	
					0,0462

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
 Größe: - Anzahl: -
 äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: -

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 16 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit (Anfahrt ca. 20 min).

2.4. Flucht- und Rettungswege

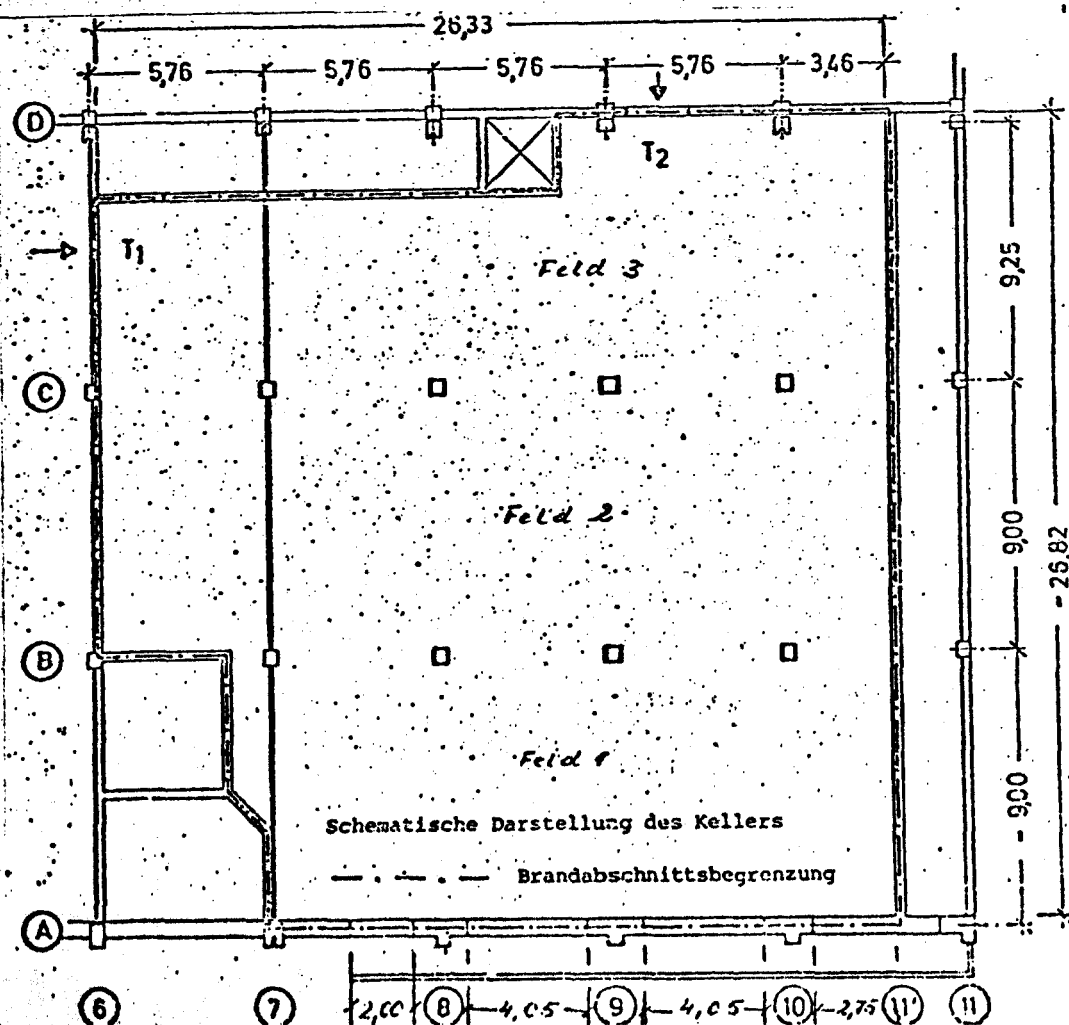
Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 30 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ja/nein

2.6. Brandlastverteilung

Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.



[illegible]

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Keller	77.246	633	122,03
Summe	77.246	633	122,03

2.7. Bestimmung der bewerteten BrandbelastungWärmeabzugsfaktor $w = 3,2$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{3,2 \times 77.246}{633} = 390,5 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen FaktorenUmrechnungsfaktor $c = 0,2$

(nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,15$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 2	$\gamma_2 = 0,8$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 0,55$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\ddot{a}} = c \cdot q_r = 0,2 \times 390 = 78 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\ddot{a}} \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_{\ddot{a}} \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 78 \times 1,8 \times 1,0 = 141 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\ddot{a}} \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 78 \times 1,15 \times 1,0 = 90 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\ddot{a}} \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 78 \times 0,8 \times 1,0 = 62 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\ddot{a}} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 78 \times 0,55 \times 1,0 = 43 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 120
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 90
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 60
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F 60
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	F 60
	Brüstungen	1	W 60
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	T 60

Bemerkungen:

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 1.700 m^2 zulässig. Die Angaben wurden eingehalten.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 06/81/014	Blatt-Nr. 8
-------------------------	--------------------------	----------------

3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile			SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	Hohlblocksteine	4	> F 120
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	Stahlbetonstützen, 50 cm x 50 cm Stahlbetonrippendecke Massivstreifen (in Achse B und C) Unterzüge (in Achse A und D)	3	F 180 F 120 F 120 F 120
	Sonst. bedeut-same Bauteile große Feuer-schutzabschl.	-	2	-
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	-	1	-
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Wände:	in Achse A Beton	1	> F 120
	Brüstungen	-	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	2 Türen	1	< T 30

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Industrie-Lager- und -Versandhalle.

An den Brandabschnitt schließt sich in östlicher Richtung, getrennt durch einen 5 m breiten Gang, eine Fertigungshalle an. In westlicher Richtung grenzt eine weitere Lagerhalle direkt an den Brandabschnitt an. In südlicher Richtung ist vor dem Brandabschnitt über die gesamte Breite der Halle ein etwa 7 m breiter ebenerdiger Bürotrakt gebaut, der nicht in die Untersuchungen mit einbezogen wurde. In nördlicher Richtung grenzt der Brandabschnitt teilweise an die westlich gelegene Lagerhalle an, teilweise wird er durch Außenmauerwerk begrenzt.

1.2. Gebäudenutzung

Die Halle dient zur Lagerung eingegangener Waren (Roh- und Halbfertigfabrikate) sowie zum Bahnversand firmenseitig hergestellter Aggregate und Güter.

Zur Lagerung von Kleinteilen ist im südwestlichen Hallenteil ein Hochregal aufgebaut (Verkaufslager).

Innerhalb des Brandabschnitts sind etwa 70 Personen ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschoßzahl

Die Halle hat die Abmessungen

$$158 \text{ m} \times 43,50 \text{ m} + 63 \text{ m} \times 43,50 \text{ m} = 9.613 \text{ m}^2 \text{ Bruttofläche.}$$

Die Halle ist eingeschossig.

1.4. Funktion

In der Halle sind verschiedene Abteilungen untergebracht, wie z. B. der Wareneingang, die Betriebstischlerei, verschiedene Packereien für firmenseitig hergestellte Güter sowie das Rohmateriallager mit der Zuschneidegruppe.

Im südwestlichen Teil der Halle ist ein Verkaufslager mit einem Hochregal für elektrische Kleinaggregate (z. B. Relais usw.) und Zubehörteile (z. B. Kabel) untergebracht.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 07/51/015	Blatt-Nr. 2
-------------------------	--------------------------	----------------

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe beigelegte Skizze)

Die gesamte Lager- und Versandhalle kann gegliedert werden in:
einen in nördlicher Richtung vor der Halle vorgebauten, etwa 8 m breiten und etwa 4 m hohen Bürotrakt,
die unmittelbar daran anschließende Lagerhalle und
einen in südlicher Richtung vorgebauten, etwa 7 m breiten und etwa 4 m hohen Bürotrakt, der nicht in die Untersuchungen mit einbezogen wurde, da er durch 24 cm dickes Mauerwerk von der Halle getrennt war.

Die tragende Konstruktion der Halle besteht aus insgesamt 4 Stahlbetonstützenreihen und Stahlbetonbindern mit eingelegten Stahlbetonpfetten.

Die Stahlbetonstützen mit den Abmessungen 30 cm x 40 cm sind in Hallenlängsrichtung in einem Abstand von 8 m angeordnet, in Hallenquerrichtung beträgt der Abstand der Stahlbetonstützen etwa 14 m. Die Stützen haben eine Höhe von 6,25 m.

Über die Stahlbetonstützen spannen sich von beiden Seiten in Hallenquerrichtung 30 cm breite Stahlbetonbinder. Die Stahlbetonbinder haben an der Traufe eine Höhe von etwa 53 cm und verbreitern sich zur Hallenmitte hin einseitig auf etwa 125 cm (Dachneigung).

Die Stahlbetonbinder laufen im Hallenmittelfeld nicht durch. Sie enden beidseitig jeweils etwa 2,5 m von der Hallenmitte entfernt in einem Kragarm. Dabei ragen die Kragarme der Binder jeweils etwa 4 m über die beiden im Halleninneren längs verlaufenden Stützenreihen hinaus. Auf die Kragarme ist ein längsverlaufendes Giebeldach aufgebaut. Es ist aus Betonsprossen mit Drahtverglasung errichtet (Oberlicht).

In die Stahlbetonbinder sind Stahlbetonpfetten eingelegt. Die Stahlbetonpfetten sind etwa 12 cm bis 20 cm breit und etwa 35 cm bis 50 cm hoch.

Das Dach besteht aus 10 cm dicken Leichtbeton-Dachplatten, die auf die Stahlbetonpfetten aufgelegt sind, und einer entsprechenden Abdeckung gegen Witterungseinflüsse.

Die Umfassung des Brandabschnitts besteht aus 24 cm bzw. 30 cm dickem Mauerwerk, mit dem die Stahlbetonstützen ausgefacht sind. In etwa 3,6 m Höhe zieht sich über die gesamte Halle ein Lichtband mit 2,10 m hohen, größtenteils fest mit Drahtglas verglasten Fenstern.

Ausbau

In Längsrichtung der Lagerhalle verläuft westseitig ein Bahngleis zur Güterverladung. Gemauerte Trennwände sind innerhalb der Halle nicht vorhanden, jedoch sind verschiedene Abteilungen durch etwa 2 m hohe Holztrennwände mit Verglasung abgeteilt.

Das nordwestlich gelegene Verkaufslager ist konstruktiv wie die Lagerhalle aufgebaut. Im Dach sind hier 6 Lichtkuppeln (etwa 1,4 m x 1,4 m) eingebaut.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 07/51/015	Blatt-Nr. 3
-------------------------	--------------------------	----------------

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts: (siehe beigegefügte Skizze)

Länge	158 m; 63 m	Kellergeschoß	-
Breite	43,5 m; 43,5 m	Geschoßzahl über OK	-
Fläche	9.613 m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	10 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Industrie-Lager- und Versand- Achsen Bau 5010 2 - 22
halle Bau 5017 2 - 9

Gesamtfläche je Geschoß: 9.613 m²
 ./.. Abzüge: 346 m² (Betriebstischlerei u. Freifläche)
 Summe: 9.267 m²

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 9.267 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_v + A_h \cdot k_f$ (siehe beigegefügte Skizze)

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_v	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Die Verglasung des satteldachförmigen Oberlichts besteht aus Drahtglas. Die verglaste Fläche ist deshalb nicht anrechnungsfähig.	(6 x 1,96) x 2,45 =	28,81	4,5 m x 5 m	= 22,50	$\frac{135,35}{9.267}$
			1,8 m x 2,8 m	= 5,04	
			9,0 m x 5 m	= 45,00	
			(3,4 m x 2 m) x 5	= 34,00	
				106,54	
			In einer Höhe von 3,6 m zieht sich über beide Hallenlängsseiten ein Lichtband von 2,10 m Höhe. Da das gesamte Lichtband jedoch mit Drahtglas verglast ist, kann es als Wärmeabzugsfläche nicht in Anrechnung gebracht werden.		
			0,0146		

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
 Größe: - Anzahl: -
 äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: nur an zwei Stellen (Pos. 6 und 34) der Halle vorhanden

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 6 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 60 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung

Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.

Forschung DIN 18 230		Code-Nummer 07/51/015										Blatt-Nr. 5 a
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge	Masse kg	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H_u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q_i [kWh]	Abbrand- faktor m_i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ_i [1]	Bewertete Brandlast $Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]
Erdg.	Holzwohle	fest	-	12.960	-	-	12.960	4,7	60.912	0,2	1,0	12.182
	Holz aus Paletten, Verpackg.Regalböden	fest	-	-	122,4	600	73.417	4,8	352.402	1,0	1,0	352.402
	Wellpapp-Kartonagen (Verpackungsmaterial)	fest	-	37.221	-	-	37.221	4,4	163.772	0,7 ⁺	1,0	114.640
	Styropor-Verpackung (Polystyrol)	fest	-	3.161	-	-	3.161	11,0	34.771	0,8	1,0	27.817
	Lacke (Melaminharz, Acryl, Polyurethan)	flüssig	-	2.540	-	-	2.540	7,9	20.066	1,2 ⁺	1,0	24.079
	Lackverdünnungen	flüssig		500			500	7,9	3.950	1,2 ⁺	1,0	4.740
	Methylenchlorid	flüssig		55			55	8,4	462	0,8 ⁺	1,0	370
	Maschinenöl	flüssig		180			180	13,6	2.448	0,4 ⁺	1,0	979
	Fett	fest		15			15	11,5	172	0,6 ⁺	1,0	103
	Polyäthylen-Folie (Folie u. Bänder)	fest		527			527	12,6	6.640	0,8 ⁺	1,0	5.312
	Gießharze	flüssig		195			195	6,0	1.170	0,5 ⁺	1,0	585
	Kunststoff (Novodur)	fest		66			66	6,0	396	0,5 ⁺	1,0	198
	Gummimatten	fest		80			80	9,5	760	0,5 ⁺	1,0	380
++	Kunststoffe aus Ka- belummantelungen PVC	fest	32.243	Kunstst.Anteil 96 g/m	-		3.095	5,2	16.094	0,2 ⁺	1,0	3.219
++	Kunststoffe aus Ka- belummantelungen PVC	fest		ca. 9,5	1.400		13.300	5,2	69.160	0,2 ⁺	1,0	13.832
+	vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.											
++	Annahmen zur Rechnung 96 g/m											

[illegible]

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Erdgeschoß	568.128	9.267	61,31
Summe	568.128	9.267	61,31

2.7. Bestimmung der bewerteten Brandbelastung

Wärmeabzugsfaktor $w = 1,8$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{1,8 \times 568.128}{9.267} = 111 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen Faktoren

Umrechnungsfaktor $c = 0,2$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	f-Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	f _{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	f ₄ = 1,8	f _{nb} = 1,0
SK _B 3	f ₃ = 1,7	f _{nb} = 1,0
SK _B 2	f ₂ = 1,35	
SK _B 1	f ₁ = 1,05	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\bar{a}} = c \cdot q_r = 0,2 \times 111 = 22 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned}
 \text{erf } F &= t_{\bar{a}} \cdot f \cdot f_{nb} = t_{\bar{a}} \cdot f_4 \cdot 1,0 = 22 \times 1,8 \times 1,0 = 40 \quad [\text{min}] \\
 &= t_{\bar{a}} \cdot f_3 \cdot f_{nb} = 22 \times 1,7 \times 1,0 = 38 \quad [\text{min}] \\
 &= t_{\bar{a}} \cdot f_2 \cdot f_{nb} = 22 \times 1,35 \times 1,0 = 30 \quad [\text{min}] \\
 &= t_{\bar{a}} \cdot f_1 \cdot f_{nb} = 22 \times 1,05 \times 1,0 = 24 \quad [\text{min}]
 \end{aligned}$$

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 07/51/015	Blatt-Nr. 7
-------------------------	--------------------------	----------------

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile

3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 90
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 60
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 60
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F 30
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	F 30
	Brüstungen	1	W 30
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	T 30

Bemerkungen:

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 5.000 m^2 zulässig. Die Angaben wurden nicht eingehalten.

3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile		SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände Mauerwerk, 24 cm Mauerwerk, 30 cm	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken Stahlbetonstützen, 30 cm x 40 cm Stahlbetonbinder, 30 cm x 53/125 cm	3	F 90 F 90
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuerschutzabschl. Feuerschutzabschluß-Klappbrücke (siehe Skizze) > 3 m ²	2	< F 30
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung Gasbeton-Dachdeckung mit Stahlbetonpfetten, 12 cm x 35 cm	1	F 30
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände siehe Brandabschnittswände	1	F 180
	Brüstungen	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ² Stahltüren, teilweise mit Verglasung	1	< T 30

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Mehrzweck-Fertigungs-Shedhalle mit Teilunterkellerung.

Der Brandabschnitt wird im Süden, Norden und Osten von Außenmauerwerk begrenzt. Im Westen schließt sich über die gesamte Hallenlänge eine Lagerhalle an den Brandabschnitt an.

1.2. Gebäudenutzung

Die Shedhalle wird als Mehrzweckhalle genutzt. Im nördlichen Hallenteil ist eine Montageabteilung untergebracht. Der mittlere Hallenteil ist mit der mechanischen Fertigung (Bohrerei, Fräseerei, Automaten- und Revolverdreherei, Härtereie) belegt. Im südlichen Hallenteil befindet sich der Werkzeug- und Vorrichtungsbau.

Die Halle ist teilweise unterkellert. Im Kellergeschoß befinden sich Garderobenräume und die Zu- und Abluftanlagen.

Innerhalb des Erdgeschosses sind etwa 500 Personen ständig beschäftigt. Das Kellergeschoß ist im wesentlichen nur zu Arbeitsbeginn bzw. -ende kurzzeitig von Personen belegt.

1.3. Grundrißfläche und Geschoßzahl

Die Fertigungshalle, bestehend aus Kellergeschoß (1. Flur) und Erdgeschoß (2. Flur), hat Flächengrößen von

Kellergeschoß:	1.078 m ²	(Bruttofläche)
Erdgeschoß:	166,5 m x 85,25 m = 14.195 m ²	(Grundrißfläche)

1.4. Funktion

Im nördlichen Teil der Shed-Halle ist eine Montage für elektrische und mechanische Einzelteile untergebracht. Gegen die in südlicher Richtung folgenden verschiedenen Gruppen der Einzelteil-Herstellung ist die Montagegruppe durch einen etwa 7 m breiten, über die gesamte Breite der Halle reichenden Teil, in dem die Meisterzimmer und die Lehrenlagerung untergebracht sind, abgetrennt. Im Anschluß an die im Mittelteil untergebrachte Einzelteil-Fertigung folgt in südlicher Richtung der Werkzeugbau, abgeteilt vom Mittelteil durch ein Werkzeug-Regallager. An den beiden Stirnseiten der Halle sind Büroräume, Garderoben und Sanitärräume untergebracht. Im Keller befinden sich Belegschaftsräume (Garderoben) sowie die Zu- und Abluftanlagen.

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe beigefügte Skizze)

Die Fertigungshalle besteht aus dem Erdgeschoß (2. Flur) und einer Teilunterkellerung (1. Flur). Der Aufbau der Halle kann gegliedert werden in einen nordseitig vorgebauten, etwa 8 m breiten und 4 m hohen Flachdachtrakt, die sich daran anschließende Shed-Hallenkonstruktion und einen südseitig vorgebauten, etwa 6 m breiten und 4 m hohen Flachdachtrakt.

Die tragende Konstruktion des Shed-Hallenteils besteht aus Stahlbetonstützen, bogenförmigen Stahlbetonbindern und Schalenrandträgern (Schalenauflagerträgern). Die Stahlbetonstützen mit den Abmessungen 35 cm x 60 cm, 30 cm x 60 cm und 25 cm x 60 cm sind in einem Raster von 8 m x 16 m (Längsrichtung x Querrichtung) aufgebaut. Die Stahlbetonstützen haben eine Höhe von 2,93 m (einschl. Ankerschiene). Über die Stahlbetonstützen spannen sich in Hallenquerrichtung etwa 60 cm hohe Schalenrandträger (Schalenauflagerträger). Auf den Schalenrandträgern liegen etwa 50 cm hohe bogenförmige Stahlbetonbinder. Auf den Stahlbetonbindern liegt die etwa 6,5 cm dicke in Hallenquerrichtung verlaufende bogenförmige Shed-Schale mit den nach der Gegenseite hin schräg abfallenden Betonsprossen mit Drahtverglasung (siehe beigefügte Skizze).

Der westseitig gelegene, etwa 5 m breite Flur hat eine Höhe von etwa 4 m. Auf Bindern und Pfetten liegt die Dachdeckung aus Leichtbeton-Dachplatten auf. Nach der West-Seite (Flur-Seite) ist der Brandabschnitt durch 24 cm dickes Mauerwerk, in das 6 Stahltüren eingemauert sind, gegen die angrenzende Lagerhalle abgeschlossen. Ostseitig sind die Stahlbetonstützen durch 30 cm dickes Mauerwerk (Außenmauer) ausgefacht. Nord- und südseitig wird der Brandabschnitt ebenfalls durch 30 cm dickes Mauerwerk begrenzt.

Ausbau

Der nordseitige und der südseitige Flachdachtrakt sind vom Shed-Hallenteil durch 24 cm dickes, über die gesamte Hallenbreite laufendes Mauerwerk getrennt.

Im nördlichen Drittel der Shed-Halle ist zwischen zwei Stützenreihen über die gesamte Hallenbreite ein 8 m breiter Bürotrakt abgemauert. Zum übrigen Teil der Halle führen durch den abgemauerten Büroteil zwei Durchgänge, die mit zwei verglasten Holztüren von 2 m Breite und 2,75 m Höhe versehen sind.

Etwa in Hallenmitte ist die Salzbadhärterei durch Mauerwerk abgeteilt; alle übrigen Abteilungen sind nur durch etwa 2 m hohe verglaste Holztrennwände abgegrenzt.

Der Fußboden der gesamten Halle ist Betonfußboden mit einem Fußbodenbelag aus Steinholz.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 07/52/016	Blatt-Nr. 3
-------------------------	--------------------------	----------------

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts: (siehe beigegefügte Skizze)

Länge	166,5 m	Kellergeschoß	1
Breite	85,25 m	Geschoßzahl über OK	1
Fläche	14.195 m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	11,10 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Fertigungs-Shedhalle Achsen Bau 5012 1 - 21
Erd- und Kellergeschoß Bau 5016 A' - G

Gesamtfläche je Geschoß: Erdgeschoß 14.195 m², Kellergeschoß 1.078 m²

./. Abzüge: -

Summe: 15.273 m²

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 15.273 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_v + A_h \cdot k_f$ (siehe beigegefügte Skizze)

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_v	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Kellergesch.	-	-	(0,875 x 2) x 4 =	7,0	
Erdgeschoß	(10 x 0,8) x 1,9 =	15,2	(1,75 m x 2,55 m) x 5 = 2 m x 2,8 m = 4 m x 3,0 m = (3 m x 3,0 m) x 2 =	22,3 5,6 12,0 18,0	80,1
				64,9	15.273
					0,0052

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
Größe: - Anzahl: -
äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: -

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 6 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 120 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung

siehe beigelegte Skizze

Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge [Stck.]	Masse [kg/St.]	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H_u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q_i [kWh]	Abbrand- faktor m_i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ_i [1]	Bewertete Brandlast $Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]
Erdg.	Holz aus Paletten, Arb.tischen u.Stühlen											
	Lieferkisten u.bret- tern, Aktenschränken Schreibt., Kleiderschr.	fest	-	-	-	-	33.963	4,8	163.022	1,0	1,0	163.022
	Papier aus Aktenschr. Schreibt., Packpapier	fest	-	-	-	-	2.750	3,8	10.450	0,2	1,0	34.694
	Wellpapp-Kartonagen (Verpackungsmaterial)	fest	-	-	-	-	2.840	4,4	12.496	0,7 ⁺	1,0	8.747
	Öle in offenen Be- hältern	flüssig					6.482	13,6	88.155	0,4 ⁺	1,0	35.262
	Fette	fest	-	-	-	-	45	11,5	517	0,6 ⁺	1,0	310
	Polyvinylchlorid	fest	-	-	-	-	152	5,2	790	0,2 ⁺	1,0	158
	Aminoplaste Phenoplaste	fest	-	-	-	-	520	ca. 5,40	2.808	0,2 ⁺	1,0	562
	Lackverdünnungen	flüssig	-	-	-	-	28	7,9	221	1,3 ⁺	1,0	288
	Lackfarben	flüssig	-	-	-	-	20	7,9	158	1,3 ⁺	1,0	205
	Brennspiritus	flüssig	-	-	-	-	54	7,5	405	1,2 ⁺	1,0	486
	Waschlösungsmittel z.B. Freon	flüssig	-	-	-	-	200	11,5	2.300	0,8 ⁺	1,0	1.840
	Kolophonium	flüssig	-	-	-	-	30	ca. 7,2	216	0,2 ⁺	1,0	43
	Hartgummi-Schreib- walzen	fest	5.400	0,25	-	-	1.350	9,5	12.825	0,5 ⁺	1,0	6.412
	Textilien aus Garde- robe, Putzlappen	fest	-	-	-	-	270	4,3	1.161	0,4	1,0	464
+) vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.												

<http://publikationsserver.tu-braunschweig.de/get/64731>

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Erdgeschoß	157.561	14.195	17,04
Kellergeschoß	2.790	1.078	
Summe	260.351	15.273	17,04

2.7. Bestimmung der bewerteten BrandbelastungWärmeabzugsfaktor $w = 1,8$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{1,8 \times 260.351}{15.273} = 31 \text{ +)} \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen FaktorenUmrechnungsfaktor $c = 0,2$

(nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,9$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,9$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 2	$\gamma_2 = 1,55$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 1,25$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_a = c \cdot q_r = 0,2 \times 40 = 8 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_a \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_a \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 8 \times 1,9 \times 1,0 = 16 \quad [\text{min}] \\ &= t_a \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 8 \times 1,9 \times 1,0 = 16 \quad [\text{min}] \\ &= t_a \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 8 \times 1,55 \times 1,0 = 13 \quad [\text{min}] \\ &= t_a \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 8 \times 1,25 \times 1,0 = 10 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

+) Entsprechend Pkt. 5.2.1 DIN 18 230 Teil 1 wird für die weitere Rechnung eine Mindestbrandbelastung von 40 kWh/m² zugrunde gelegt.

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile

3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 60
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 30
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 30
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	keine Anforderungen
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	keine Anforderungen
	Brüstungen	1	keine Anforderungen
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	keine Anforderungen

Bemerkungen:

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 5.000 m^2 zulässig. Die Angaben wurden nicht eingehalten.

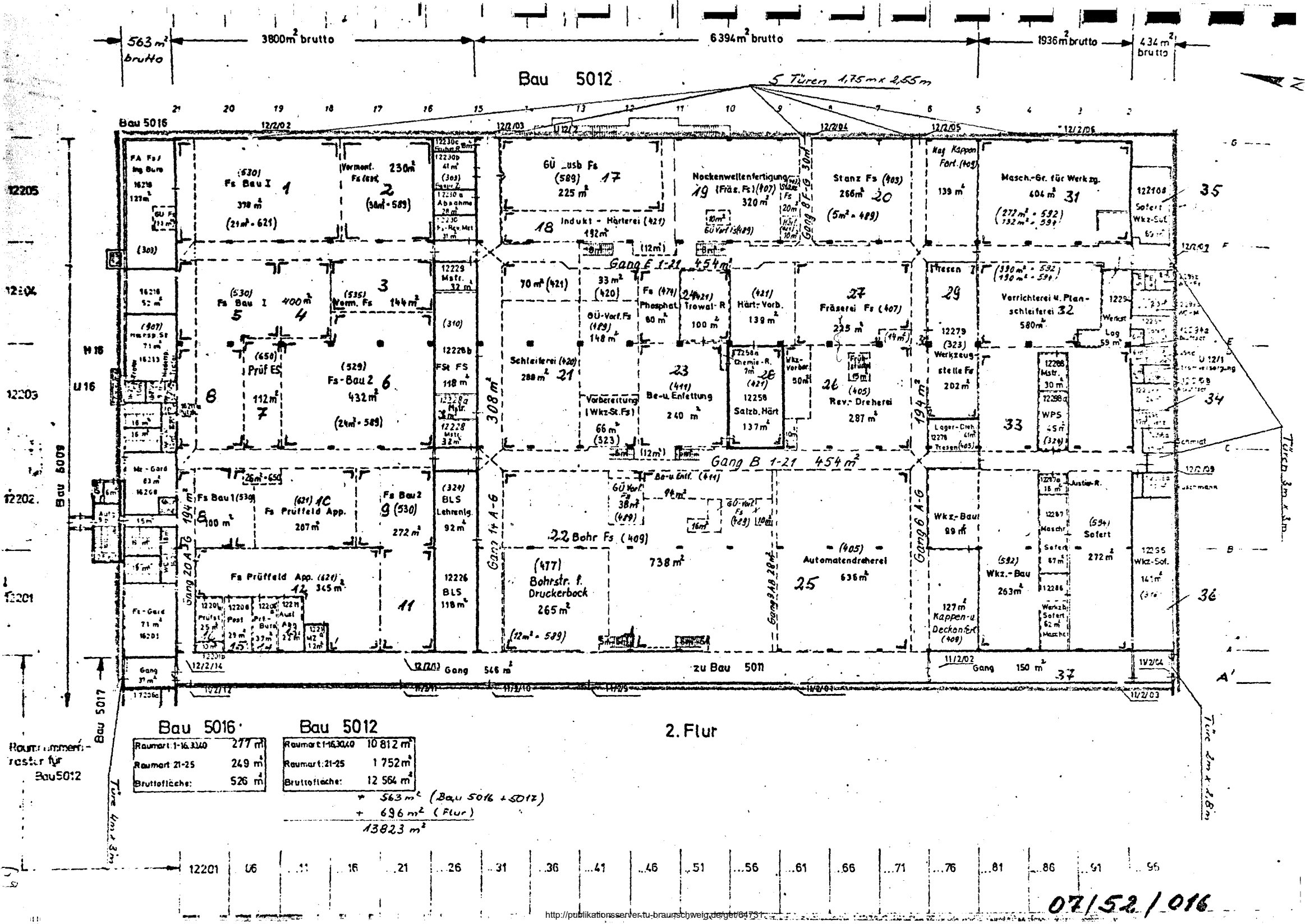
3.2. Ausgeführte Bauweise

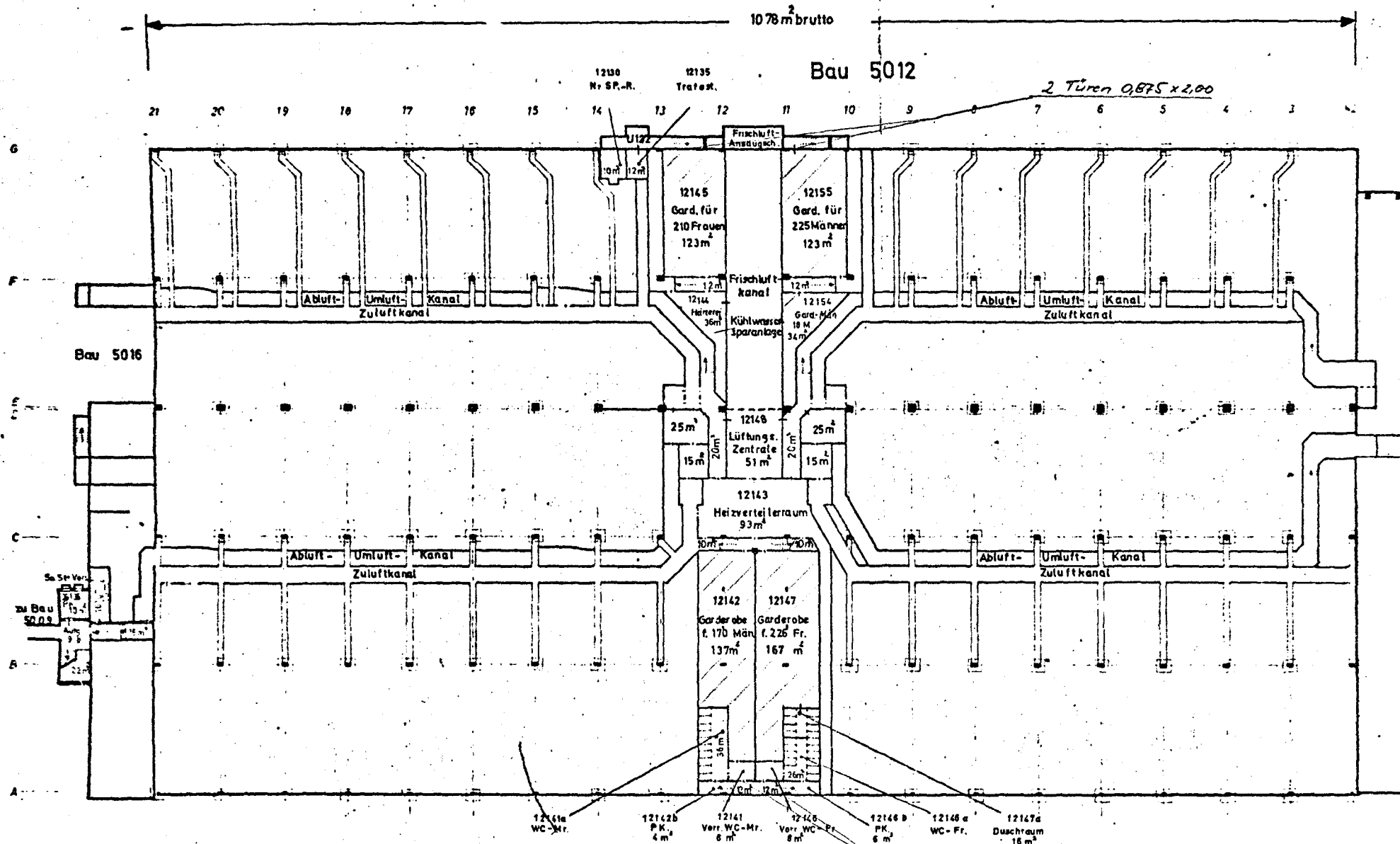
Bauteile			SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	Mauerwerk, 24 cm (Westseite)	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	Stahlbetonstützen 25 cm x 60 cm	3	F 60
		Stahlbetonstützen 30 cm x 60 cm		F 90
		Stahlbetonstützen 35 cm x 60 cm		F 90
		Stahlbetonträger (Schalenrandtr.) 60x60cm bogenf.Stahlbetonbinder 30x60cm		F 90 F 180
Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuerschutzabschl.	Feuerschutzabschlüsse > 3 m ² (Stahltüren)	2	< T 30	
Bauteile von untergeordneter Bedeutung	bogenförmige Shed-Schale 6,5 cm dick	1	~ T 30	
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	Mauerwerk 30 cm (Ost-, Süd-, Nord-Seite)	1	F 180
	Brüstungen	-	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	Stahltüren	1	< T 30

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.



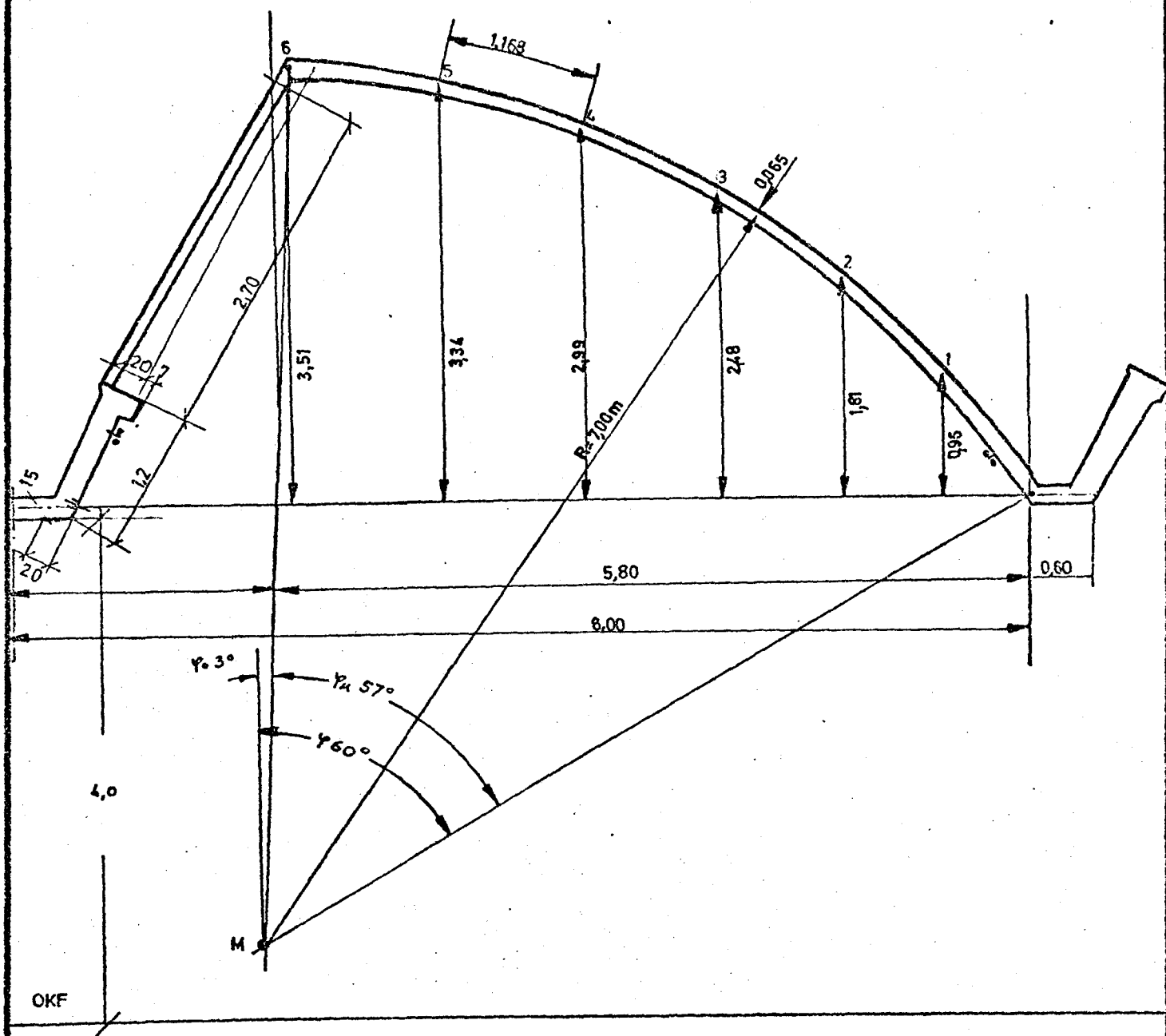


Bau 5016		Bau 5012	
maß 146,30/40	15 m	Raumart: 1-16,30/40	292 m²
maß 21-25	15 m	Raumart: 21-25	786 m²
Höhe:	30 m	Bruttofläche:	1078 m²

Bau	Raumart		Bruttofläche
	1-16,30,40	21-25	
5012	11104	2538	13 642 m²
5016	292	264	556 m²
insgesamt	11 396	2802	14 198 m²

2 Türen 0,875 x 2,00

07/52/016



Radius $R = 7,00 + \frac{0,065}{2} = 7,033\text{m}$

Schalendicke $d = 6,5\text{cm}$

Zentriwinkel $f_u = \sim 57^\circ (\gamma_0 = 3^\circ, \gamma = 60^\circ)$

Bogenlänge $B = R \cdot \text{arc} f_u = 7,033 \cdot 0,9948 = 7,00\text{m}$

Bogenabschnitte $\Delta s = \frac{7,00}{6} = 1,168\text{m}$

Ordinaten $\eta = R (\cos \gamma - \cos \gamma_0)$

07/52/016

42

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Sechsgeschossiges Büro- und Werkstattgebäude.

Der Brandabschnitt ist das Kellergeschoß des Gebäudes.

Der Brandabschnitt wird an den beiden Längsseiten durch Außenwände, an den beiden Stirnseiten durch je ein feuerbeständig aufgebautes Treppenhaus begrenzt.

1.2. Gebäudenutzung

Das Kellergeschoß des Gebäudes (1. Flur) wird für Ausbildungszwecke, Übungsfelder, Garderoben, als Lager für die Außendienstmontage und als Ablage für Akten genutzt. Innerhalb des Brandabschnitts sind etwa 30 Personen ständig beschäftigt

Das Erdgeschoß (2. Flur) wird für die unmittelbar mit der Fertigung in Verbindung stehende Verwaltung (Fertigungssteuerung und -planung, Personalabteilung usw.) genutzt.

Im 1. Obergeschoß (3. Flur) befindet sich die Werkstatt für das gewerbliche Ausbildungswesen.

Die übrigen Geschosse sind durch allgemeine Verwaltungsabteilungen belegt. Sie wurden in die brandschutztechnischen Überprüfungen nicht mit einbezogen.

1.3. Grundrißfläche und Geschößzahl

Das Kellergeschoß des Gebäudes hat Abmessungen von:

$$122,5 \text{ m} \times 16,5 \text{ m} = 2021 \text{ m}^2 \text{ (Grundrißfläche).}$$

Das gesamte Gebäude hat 6 Geschosse über Oberkante.

1.4. Funktion

Die Belegung der einzelnen Räume des Kellergeschosses (1. Flur) ist aus der beigefügten Skizze ersichtlich.

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe beigegefügte Skizze)

Das Gebäude ist als Stahlbeton-Skelettbau ausgeführt. Das Stahlbeton-Skelett besteht aus drei Reihen Stahlbetonstützen; zwei Reihen bilden die beiden Außenseiten des Gebäudes, die dritte Reihe verläuft in Längsrichtung etwa in Mitte der Gebäudebreite. An den beiden Außenseiten beträgt der Achsabstand der Stahlbetonstützen in Längsrichtung etwa 1,75 m. Die Stützen haben Abmessungen von etwa 50 cm x 25 cm.

Die in Raummitte verlaufende Stützenreihe hat von den Außenstützen beidseitig einen Abstand von 7,5 m. In Längsrichtung beträgt der Achsabstand der Stützen etwa 5 m. Die Stützenabmessungen sind 100 cm x 38,5 cm. Auf den Stützen ruht im Keller- geschoß ein durchlaufender Balken von 75 cm Höhe und 38,5 cm Breite.

Im Kellergeschoß sind die Ausfachungen zwischen den Stützen in Stahlbeton ausgeführt, in den Geschossen sind die Fensterbrüstungen aus Stahlbeton. Stahlbeton- skelett und Stahlbeton-Fensterbrüstungen waren auf der Innenseite mit einer durch- laufenden Isolierung versehen. Auf der Außenseite sind die Fensterbrüstungen mit Spaltplatten bekleidet.

Auf dem Stahlbetonskelett liegt die Kellerdecke. Sie ist als Stahlbetonrippendecke mit einer Gesamtdicke von 70 cm ausgebildet. Die Höhe der Rippen beträgt etwa 48 cm, so daß die Spiegeldicke etwa 22 cm beträgt. Die Rippenbreite ist 26 cm, der Rippenabstand etwa 1,6 m.

Die beiden an den Stirnseiten des Gebäudes angeordneten Treppenhäuser sind in Stahlbetonausführung errichtet und vom Brandabschnitt durch 17,5 cm bzw. 24 cm dickes Mauerwerk getrennt. In den Flurbereichen sind Stahltüren eingesetzt. Die Kellergeschoßhöhe (1. Flur) beträgt 3,2 m.

Innenausbau:

Die nichttragenden Innenwände sind beidseitig verputzte Leichtsteinwände; außerdem sind im Keller Abtrennungen durch Holzlattenaufbauten errichtet.

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts:

Länge	122,5 m	Kellergeschoß	1
Breite	15 m	Geschoßzahl über OK	6
Fläche	1.837 m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	~ 26 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Kellergeschoß

Achsen -

Gesamtfläche je Geschoß: 1.837 m²

./. Abzüge: 307 m²

(2 Treppenhäuser)

Summe: 1.530 m²

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 1.530 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_v + A_n \cdot k_f$

(siehe beigegefügte Skizze)

Geschoß	Dachöffnungen A_n (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_v	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Kellergesch.			(1,4 m x 0,9 m) x 18 =	22,68	$\frac{94,50}{1.530}$
			(1,4 m x 0,9 m) x 57 =	71,82	
					0,0617

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
 Größe: - Anzahl: -
 äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: -

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 6 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 70 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung

Der überwiegende Teil der Brandlast ist auf der Südseite des Kellergeschosses gelagert (siehe Blatt 5 b + 6, b).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge	Masse	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H _u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q _i [kWh]	Abbrand- faktor m _i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ_i [1]	Bewertete Brandlast Q _i · m _i · ψ_i [kWh]
KG (1. Flur) gesamt	Holz aus Tischplat- ten u. Brettern, Schreibtischen, Ak- tenschränken, Schränken, Stühlen u. Lieferbrettchen	fest					5.817	4,8	27.921	1,0	1,0	27.921
	Papier aus Akten	fest	-	-	155	600	93.000	3,8	353.400	0,2	1,0	70.680
	Polyäthylen-Folie	fest					204	12,2	2.489	0,5 ⁺)	1,0	1.244
	Textilien aus Planen u. Putzlappen	fest					280	4,3	1.204	0,4	1,0	482
	Leder aus Arbeits- schuhen u. Werkz. Taschen	fest					301	4,3	1.294	0,4 ⁺)	1,0	518
	Gummi (Autoreifen)	fest					705	8,4	5.922	0,5 ⁺)	1,0	2.961
	Verpackungsmaterial (Wellpappe)	fest					216	4,4	950	0,7 ⁺)	1,0	665
	Holz aus Laborein- richtungen	fest					355	4,8	1.704	1,0	1,0	1.704
	Kunstharzlack u. Lackverdünnung	flüssig					22	7,9	174	1,3 ⁺)	1,0	226
	Holz aus Raumaus- bauten	fest					540	4,8	2.592	1,0	1,0	2.592
									397.650:1.530			108.993:1.530
	+) vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.								259,90 kWh/m ²			= 71,23 kWh/m ²

<http://publikationsserver.tu-braunschweig.de/get/64731>

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Kellergeschoß (1. Flur) gesamt	108.993	1.530	71,23
Summe	108.993	1.530	71,23

2.7. Bestimmung der bewerteten BrandbelastungWärmeabzugsfaktor $w = 1,5$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{1,5 \cdot 108.993}{1.530} = 107 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen FaktorenUmrechnungsfaktor $c = 0,2$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,3$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 2	$\gamma_2 = 0,95$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 0,60$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\ddot{a}} = c \cdot q_r = 0,2 \times 107 = 21 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\ddot{a}} \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_{\ddot{a}} \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 21 \cdot 1,8 \cdot 1,0 = 38 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\ddot{a}} \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 21 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 28 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\ddot{a}} \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 21 \cdot 0,95 \cdot 1,0 = 20 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\ddot{a}} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 21 \cdot 0,6 \cdot 1,0 = 13 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i' \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i' \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Kellergeschoß (Südseite)	81.883	445	184
Summe	81.883	445	184

2.7. Bestimmung der bewerteten Brandbelastung

Wärmeabzugsfaktor $w' = 1,5$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r' = \frac{w' \cdot \Sigma Q_i' \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{1,5 \cdot 81.883}{445} = 276 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen Faktoren

Umrechnungsfaktor $c =$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4' = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3' = 1,15$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 2	$\gamma_2' = 0,8$	
SK _B 1	$\gamma_1' = 0,55$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_a' = c \cdot q_r' = 0,2 \times 276 = 55,2 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F' &= t_a' \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_a' \cdot \gamma_4' \cdot 1,0 = 56 \times 1,8 \times 1,0 = 101 \quad [\text{min}] \\ &= t_a' \cdot \gamma_3' \cdot \gamma_{nb} = 56 \times 1,15 \times 1,0 = 65 \quad [\text{min}] \\ &= t_a' \cdot \gamma_2' \cdot \gamma_{nb} = 56 \times 0,8 \times 1,0 = 45 \quad [\text{min}] \\ &= t_a' \cdot \gamma_1' \cdot \gamma_{nb} = 56 \times 0,55 \times 1,0 = 31 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 07/53/017	Blatt-Nr. 7
-------------------------	--------------------------	----------------

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile

3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 60 (F 120) ⁺⁺
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 30 (F 90) ⁺⁺
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 30 (T 30) (F 60) ⁺⁺
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	keine Anford. (F 60) ⁺⁺
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	keine Anford. (F 60) ⁺⁺
	Brüstungen	1	keine Anforderungen (W 60) ⁺⁺
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	keine Anforderungen (T 60) ⁺⁺

Bemerkungen:

+) Die nach DIN 18 230 Teil 1, Pkt. 8 erforderliche Mindest-Feuerwiderstandsklasse F 30 für SK_B3 bei Gebäuden mit mehr als 5 Vollgeschossen trifft hier zu.

++) Klammerwerte gelten für einen Teilbereich (s. Blatt Nr. 4)

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 4100 (1400)⁺⁺ m² zulässig. Die Angaben wurden eingehalten.

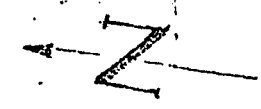
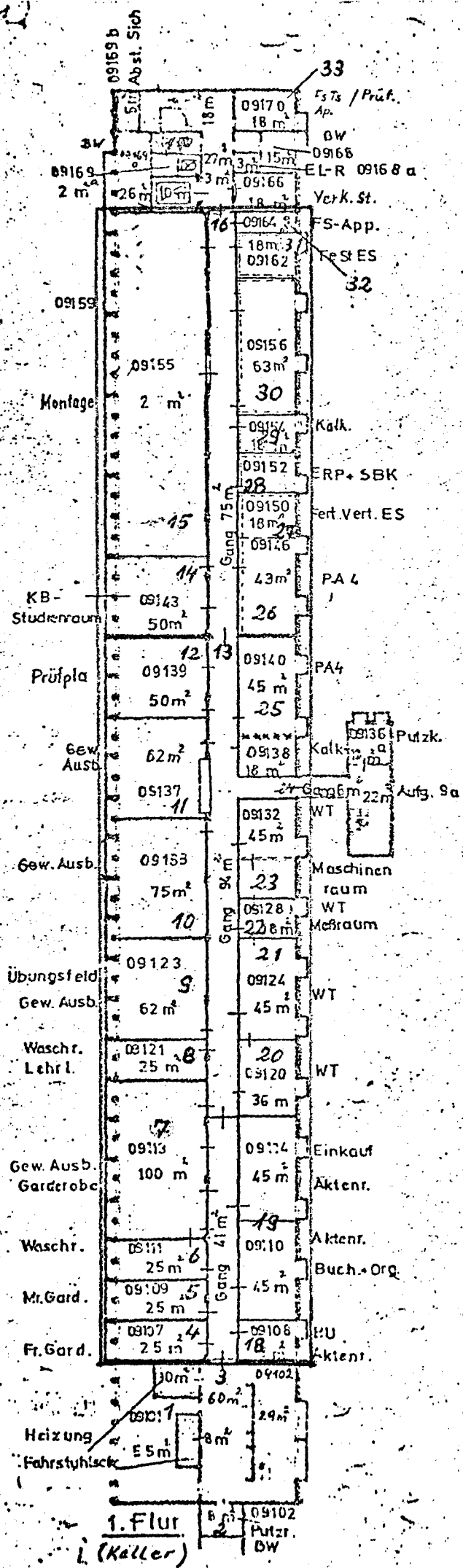
3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile			SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	Mauerwerk 17,5 bzw. 24 cm	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	Stahlbetonstützen 25 cm x 50 cm Stahlbetonstützen 38,5 x 100 cm Stahlbetonbalken 38,5 cm x 75 cm Stahlbetonrippendecke Gesamtd. 70 cm, Spiegel 22 cm	3	F 90 F 180 F 180 > F 90
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuerschutzabschl.	Feuerschutzabschlüsse > 3 m ² (Stahltüren)	2	< T 30
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	=	1	=
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	Stahlbeton	1	> F 90
	Brüstungen	-	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	-	1	-

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.



Keller.

Bau 5009	Raum- art 1-16	Raum- art 21-25	Bruttofl.
1. Flur	1110m ²	655m ²	1776 m ²
2. Flur	1287 m ²	340 m ²	1767 m ²
3. Flur	1409 m ²	360 m ²	1769 m ²
4. Flur	1403 m ²	365 m ²	1769 m ²
5. Flur	1201 m ²	568 m ²	1769 m ²
6. Flur	1288 m ²	481 m ²	1769 m ²
7. Flur	—	168 m ²	168 m ²
gesamt	7698 m ²	3059 m ²	10787 m ²

M 1:500

07/53/017

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Sechsgeschossiges Büro- und Werkstattgebäude.
Der Brandabschnitt ist das Erdgeschoß des Gebäudes.

An den beiden Längsseiten wird der Brandabschnitt durch das Stahlbetonskelett mit ausgefachten Fensterbrüstungen und Isolierverglasung begrenzt. An den beiden Stirnseiten befindet sich je ein feuerbeständig aufgebautes Treppenhaus.

1.2. Gebäudenutzung

Das Erdgeschoß des Gebäudes (2. Flur) wird für die unmittelbar mit der Fertigung in Verbindung stehende Verwaltung (Fertigungssteuerung und -planung, Personalabteilung usw.) genutzt. Innerhalb des Brandabschnitts sind etwa 50 Personen ständig beschäftigt.

Das Kellergeschoß (1. Flur) dient Ausbildungszwecken (Übungsfelder), als Garderoben, Lager und Ablage für Akten.

Im 1. Obergeschoß (3. Flur) befindet sich die Werkstatt für das gewerbliche Ausbildungswesen.

Die übrigen Geschosse sind durch allgemeine Verwaltungsabteilungen belegt. Sie werden in die brandschutztechnischen Überprüfungen nicht mit einbezogen.

1.3. Grundrißfläche und Geschößzahl

Das Erdgeschoß des Gebäudes hat Abmessungen von

$$122,5 \text{ m} \times 15 \text{ m} = 1.837 \text{ m}^2 \text{ (Grundrißfläche)}$$

Das gesamte Gebäude hat 6 Geschosse über Oberkante.

1.4. Funktion

Die Belegung der einzelnen Räume des Erdgeschosses (2. Flur) ist aus der beigefügten Skizze ersichtlich.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 07/54/018	Blatt-Nr. 2
-------------------------	--------------------------	----------------

1.5. Konstruktion und Ausbau (s. beigefügte Skizze)

Das Gebäude ist als Stahlbeton-Skelettbau ausgeführt. Das Stahlbeton-Skelett besteht aus drei Reihen Stahlbeton-Stützen; zwei Reihen bilden die beiden Außenseiten des Gebäudes, die dritte Reihe verläuft in Längsrichtung etwa in Mitte der Gebäudebreite.

An den beiden Außenseiten beträgt der Achsabstand der Stahlbetonstützen in Längsrichtung etwa 1,75 m. Die Stützen haben Abmessungen von etwa 50 cm x 25 cm. Die in Raummitte verlaufende Stützenreihe hat von den Außenstützen beidseitig einen Abstand von 7,5 m. In Längsrichtung beträgt der Achsabstand der Stützen etwa 5 m. Die Stützenabmessungen betragen 125 cm x 70 cm.

Im Kellergeschoß sind die Ausfachungen zwischen den Stützen in Stahlbeton ausgeführt, in den Geschossen sind die Fensterbrüstungen aus Stahlbeton. Stahlbetonskelett und Stahlbeton-Fensterbrüstungen waren auf der Innenseite mit einer durchlaufenden Isolierung versehen. Auf der Außenseite sind die Fensterbrüstungen mit Spaltplatten bekleidet.

Auf dem Stahlbetonskelett liegt die Geschoßdecke. Sie ist als Stahlbetonrippendecke mit einer Gesamtdicke von etwa 60 cm ausgebildet. Die Höhe der Rippen beträgt etwa 40 cm, so daß die Spiegeldicke etwa 20 cm beträgt. Die Rippenbreite ist 26 cm, der Rippenabstand etwa 1,6 m.

Die beiden Treppenhäuser, die an den Stirnseiten des Gebäudes angeordnet sind, sind in Stahlbetonausführung errichtet und vom Brandabschnitt durch 24 cm dickes Mauerwerk getrennt. In den Flurbereichen sind Türen mit Drahtglas-Verglasung eingesetzt. Die Erdgeschoßhöhe (2. Flur) beträgt 3,8 m.

Innenausbau

Die nichttragenden Innenwände sind teilweise beidseitig verputzte Leichtsteinwände bzw. versetzbare Trennwände in Leichtbauweise.

Die Stahlbetonrippendecke ist mit einer abgehängten Mineralfaserplatten-Unterdecke bekleidet.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 07/54/018	Blatt-Nr. 3
-------------------------	--------------------------	----------------

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts: (siehe beigegefügte Skizze)

Länge	122,5 m	Kellergeschoß	1
Breite	15 m	Geschoßzahl über OK	6
Fläche	1.837 m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	~ 26 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Erdgeschoß

Achsen -

Gesamtfläche je Geschoß: 1.837 m²

./. Abzüge: 305 m² (2 Treppenhäuser)

Summe: 1.532 m²

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 1.532 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_V + A_h \cdot k_f$

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_V	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Erdgeschoß (2. Flur)	-	-	(2,75 m x 1,4 m) x 113 =	435	$\frac{435}{1.532}$
					0,28

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
 Größe: - Anzahl: -
 äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: -

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 6 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 70 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung

Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge Stck.	Masse kg/Stck.	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H _u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q _i [kWh]	Abbrand- faktor m _i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ _i [1]	Bewertete Brandlast Q _i · m _i · ψ _i [kWh]
Erdg. (2. Flur)	Holz aus Arbeits-, Schreibtischen, Ak- tenschränken, Schrän- ken und Stühlen	fest					9.644	4,8	46.291	1,0	1,0	46.291
	loses Papier aus d. Schreibtischen	fest	78	15	-	-	1.170	3,8	4.446	1,0 ⁺	1,0	4.446
	Papier aus den Ak- tenschränken	fest	-	-	-	-	12.136	3,8	46.117	0,2	1,0	9.224
	Butanol, Toluol, Ätha- nol, Kohlenwasserst.	flüssig	-	-	-	-	40	11,5	460	1,2 ⁺	1,0	552
	Benzin, Benzol, Ester	flüssig					15	12,6	189	1,3 ⁺	1,0	246
	Äther, Chloroform Ketone	flüssig					22	7,8	172	1,2 ⁺	1,0	206
	Raumbauten in Form v. Trennwänden	fest	64 m ²				768	4,8	3.686	1,0	1,0	3.686
									101.361 : 1.532			64.651 : 1.532
									= 66,16 kWh/m ²			= 42,20 kWh/m ²
	+) vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.											

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Erdgesch. (2. Flur)	64.651	1.532	42,20
Summe	64.651	1.532	42,20

2.7. Bestimmung der bewerteten BrandbelastungWärmeabzugsfaktor $w = 0,5$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{0,5 \times 64.651}{1.532} = 21 \quad +) \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen FaktorenUmrechnungsfaktor $c = 0,2$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,3$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 2	$\gamma_2 = 0,95$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 0,6$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_a = c \cdot q_r = 0,2 \times 40 = 20 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_a \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_a \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 20 \times 1,8 \times 1,0 = 36 \quad [\text{min}] \\ &= t_a \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 20 \times 1,3 \times 1,0 = 26 \quad [\text{min}] \\ &= t_a \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 20 \times 0,95 \times 1,0 = 19 \quad [\text{min}] \\ &= t_a \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 20 \times 0,6 \times 1,0 = 12 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

+) Entsprechend Pkt. 6.2.1 DIN 18 230 Teil 1 wird für die weitere Rechnung eine Mindestbrandbelastung von 40 kWh/m² zugrunde gelegt.

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile

3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 60
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 30 ⁺⁾
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 30 T 30
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	keine Anforderungen
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	keine Anforderungen
	Brüstungen	1	keine Anforderungen
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	keine Anforderungen

Bemerkungen:

Nach Anlage 1 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 4.100 m^2 zulässig. Die Angaben wurden eingehalten.

⁺⁾ Die nach DIN 18 230 Teil 1, Pkt. 8 erforderliche Mindest-Feuerwiderstandsklasse F 30 für SK_B3 bei Gebäuden mit mehr als 5 Vollgeschossen trifft hier zu.

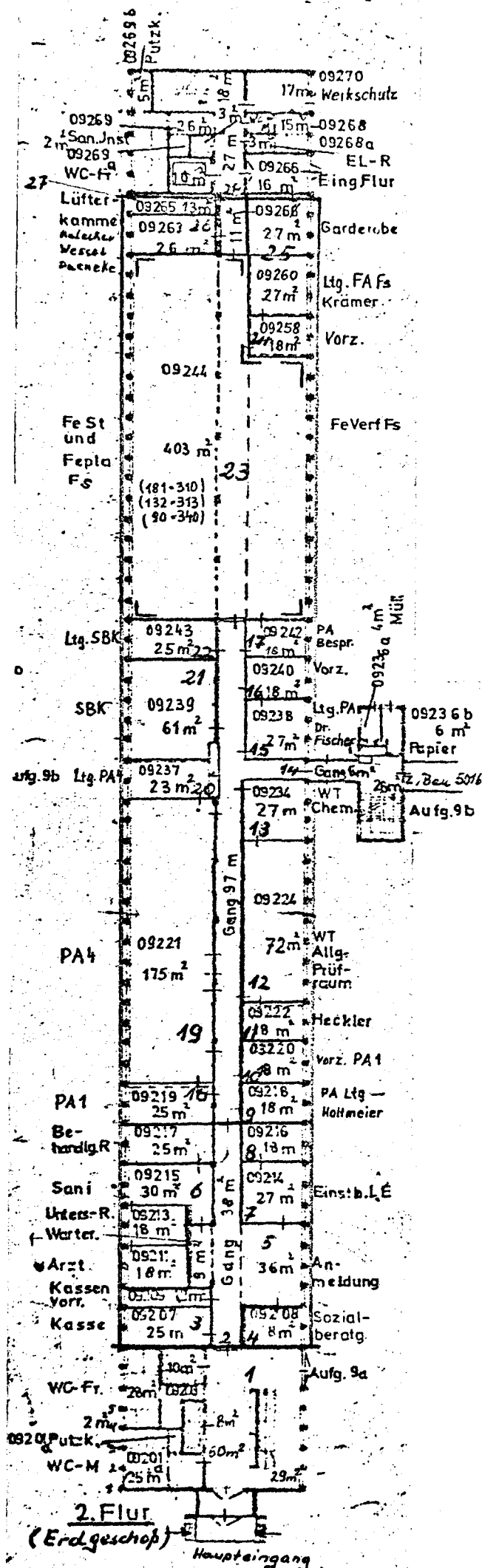
3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile			SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandab- schnitts- wände	Mauerwerk, 24 cm	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.- decken	Stahlbetonstützen, 25 cm x 50 cm Stahlbetonstützen, 70 cm x 125 cm Stahlbetonrippendecke (Gesamtdicke: 60 cm, Spiegel: 20 cm) mit abgehäng- ter Unterdecke	3	F 90 F 180 > F 90
	Sonst. bedeut- same Bauteile große Feuer- schutzabschl.	Feuerschutzabschlüsse > 3 m ² (Türen mit Drahtglasverglasung)	2	< T 30
	Bauteile von untergeordne- ter Bedeutung	-	1	-
Nichttragende Bauteile als Ab- grenzung des Brandabschnitts	Außenwände	-	1	-
	Brüstungen	Fensterbrüstungen	1	~ W 90
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	-	1	-

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.



N

Bau 5009	Raum- art 1-16 30,40	Raum- art 21-25	Bruttofl.
1. Flur	1110 m ²	666 m ²	1776 m ²
2. Flur	1287 m ²	480 m ²	1767 m ²
3. Flur	1409 m ²	360 m ²	1769 m ²
4. Flur	1403 m ²	366 m ²	1769 m ²
5. Flur	1201 m ²	568 m ²	1769 m ²
6. Flur	1288 m ²	481 m ²	1769 m ²
7. Flur	—	168 m ²	168 m ²
gesamt	7698 m ²	3089 m ²	10787 m ²

Erdgeschoss

M 1 : 500

07154/018

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Sechsgeschossiges Büro- und Werkstattgebäude.

Der Brandabschnitt ist das 1. Obergeschoß des Gebäudes.

An den beiden Längsseiten wird der Brandabschnitt durch das Stahlbetonskelett mit ausgefachten Fensterbrüstungen und Isolierverglasung begrenzt. An den beiden Stirnseiten befindet sich je ein feuerbeständig aufgebautes Treppenhaus.

1.2. Gebäudenutzung

Das 1. Obergeschoß des Gebäudes (3. Flur) wird als Werkstatt und Maschinenraum für das gewerbliche Ausbildungswesen genutzt. Innerhalb des Brandabschnitts sind etwa 60 Personen ständig beschäftigt.

Im Erdgeschoß befindet sich die unmittelbar mit der Fertigung in Verbindung stehende Verwaltung (Fertigungssteuerung und -planung, Personalabteilung usw.).

Das Kellergeschoß (1. Flur) dient Ausbildungszwecken (Übungsfelder), als Garderoben, Lager und Ablage für Akten.

Die übrigen Geschosse sind durch allgemeine Verwaltungsabteilungen belegt. Sie werden in die brandschutztechnischen Überprüfungen nicht mit einbezogen.

1.3. Grundrißfläche und Geschoßzahl

Das Gebäude hat im 1. Obergeschoß Abmessungen von

$$122,5 \text{ m} \times 15 \text{ m} = 1.837 \text{ m}^2 \text{ (Grundrißfläche).}$$

Das gesamte Gebäude hat 6 Geschosse über der Oberkante.

1.4. Funktion

Die Belegung der einzelnen Räume des 1. Obergeschosses (3. Flur) ist aus der beigefügten Skizze ersichtlich.

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe beigelegte Skizze.)

Das Gebäude ist als Stahlbeton-Skelettbau ausgeführt. Das Stahlbeton-Skelett besteht aus drei Reihen Stahlbeton-Stützen; zwei Reihen bilden die beiden Außenseiten des Gebäudes, die dritte Reihe verläuft in Längsrichtung etwa in der Mitte der Gebäudebreite.

An den beiden Außenseiten beträgt der Achsabstand der Stahlbetonstützen in Längsrichtung etwa 1,75 m. Die Stützen haben Abmessungen von etwa 50 cm x 25 cm.

Die in Raummitte verlaufende Stützenreihe hat von den Außenstützen beidseitig einen Abstand von 7,5 m. In Längsrichtung beträgt der Achsabstand der Stützen etwa 5 m. Die Stützenabmessungen sind 125 cm x 70 cm.

Im Kellergeschoß sind die Ausfachungen zwischen den Stützen in Stahlbeton ausgeführt, in den Geschossen sind die Fensterbrüstungen aus Stahlbeton. Stahlbeton-skelett und Stahlbeton-Fensterbrüstungen waren auf der Innenseite mit einer durchlaufenden Isolierung versehen. Auf der Außenseite sind die Fensterbrüstungen mit Spaltplatten bekleidet.

Auf dem Stahlbetonskelett liegt die Geschoßdecke. Sie ist als Stahlbetonrippendecke mit einer Gesamtdicke von 60 cm ausgebildet. Die Höhe der Rippen beträgt etwa 40 cm, so daß die Spiegeldicke etwa 20 cm beträgt. Die Rippenbreite ist 26 cm, der Rippenabstand etwa 1,6 m.

Die beiden Treppenhäuser, angeordnet an den Stirnseiten des Gebäudes, sind in Stahlbetonausführung errichtet und vom Brandabschnitt durch 24 cm dickes Mauerwerk getrennt. Im Flurbereich ist westseitig eine Tür mit Drahtglas-Verglasung eingesetzt, ostseitig ist der Brandabschnitt durch eine Stahltür vom Treppenhäuser getrennt.

Die Geschoßhöhe des 1. Obergeschosses (3. Flur) beträgt 2,85 m.

Innenausbau

Die nichttragenden Innenwände sind teilweise beidseitig verputzte Leichtsteinwände bzw. versetzbare Trennwände in Leichtbauweise.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 07/55/019	Blatt-Nr. 3
-------------------------	--------------------------	----------------

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts: (siehe beigefügte Skizze)

Länge	122,5 m	Kellergeschoß	1
Breite	15 m	Geschoßzahl über OK	6
Fläche	1.837 m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	~ 26 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Erdgeschoß

Achsen -

Gesamtfläche je Geschoß: 1.837 m²

./.. Abzüge: 305 m² (2 Treppenhäuser)

Summe: 1.532 m²

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 1.532 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_v + A_h \cdot k_f$

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_v	m ²	$\frac{A_F}{A}$
1. Obergesch. (3. Flur)	-	-	(2,75 m x 1,4 m) x 113	435	$\frac{435}{1.532}$
					0,28

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
Größe: - Anzahl: -
äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: -

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 6 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 70 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung

Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.

[illegible]

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
1. Obergeschoß (3. Flur)	42.394	1.532	27,67
Summe	42.394	1.532	27,67

2.7. Bestimmung der bewerteten Brandbelastung

Wärmeabzugsfaktor $w = 0,5$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{0,5 \times 42.394}{1.532} = 14 \text{ +)} \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen Faktoren

Umrechnungsfaktor $c = 0,2$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	f-Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	f _{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	f ₄ = 1,8	f _{nb} = 1,0
SK _B 3	f ₃ = 1,3	f _{nb} = 1,0
SK _B 2	f ₂ = 0,95	
SK _B 1	f ₁ = 0,6	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\ddot{a}} = c \cdot q_r = 0,2 \times 40 = 20 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\ddot{a}} \cdot f \cdot f_{nb} = t_{\ddot{a}} \cdot f_4 \cdot 1,0 = 20 \times 1,8 \times 1,0 = 36 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\ddot{a}} \cdot f_3 \cdot f_{nb} = 20 \times 1,3 \times 1,0 = 26 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\ddot{a}} \cdot f_2 \cdot f_{nb} = 20 \times 0,95 \times 1,0 = 19 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\ddot{a}} \cdot f_1 \cdot f_{nb} = 20 \times 0,6 \times 1,0 = 12 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

+) Entsprechend Pkt. 6.2.1 DIN 18 230 Teil 1 wird für die weitere Rechnung eine Mindestbrandbelastung von 40 kWh/m² zugrunde gelegt.

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 60
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 30 ⁺⁾
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 30, T 30
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	keine Anforderungen
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	keine Anforderungen
	Brüstungen	1	keine Anforderungen
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	keine Anforderungen

Bemerkungen:

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 4.100 m^2 zulässig. Die Angaben wurden eingehalten.

⁺⁾ Die nach DIN 18 230 Teil 1, Pkt. 8 erforderliche Mindest-Feuerwiderstandsklasse F 30 für SK_B3 bei Gebäuden mit mehr als 5 Vollgeschossen trifft hier zu.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 07/55/019	Blatt-Nr. 8
-------------------------	--------------------------	----------------

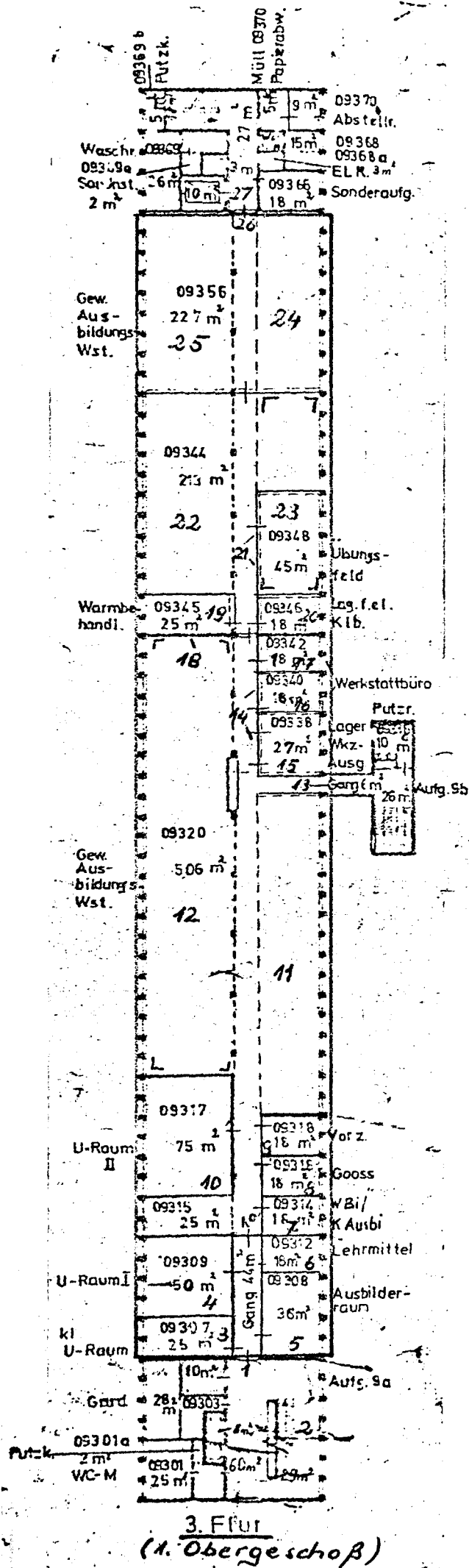
3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile			SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	Mauerwerk, 24 cm	4	F 90
	Bauteile des Haupttragwerks	Stahlbetonstützen, 25 cm x 50 cm Stahlbetonstützen, 70 cm x 125 cm Stahlbetonrippendecke (Gesamtdicke: 60 cm, Spiegel: 20 cm)	3	F 90 F 180 > F 90
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuerschutzabschl.	Feuerschutzabschlüsse > 3 m ² (1 Stahltür, 1 Tür mit Verglasung)	2	< T 30
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	-	1	-
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	-	1	-
	Brüstungen	Fensterbrüstungen	1	~ W 90
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	Tür mit Verglasung	1	< T 30

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.



1. Obergeschoß

Bau 5009	1-16 Raum- art 30,40	21-25 Raum- art	Gruttofl.
1. Flur	1110 m²	666 m²	1776 m²
2. Flur	1287 m²	480 m²	1767 m²
3. Flur	1409 m²	360 m²	1769 m²
4. Flur	1403 m²	366 m²	1769 m²
5. Flur	1201 m²	568 m²	1769 m²
6. Flur	1288 m²	481 m²	1769 m²
7. Flur	—	168 m²	168 m²
gesamt	7698 m²	3089 m²	10787 m²

M 1 : 500

07/55/019/11

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Sechsgeschossiges Fabrikations- und Bürogebäude.

Der Brandabschnitt liegt im 3. Obergeschoß und wird dreiseitig von Außenmauerwerk begrenzt. Nordseitig grenzt an den Brandabschnitt ein quer dazu verlaufendes Bürogebäude an.

1.2. Gebäudenutzung

Das Gebäude wird bis zum 3. Obergeschoß für die papierverarbeitende Fertigung genutzt.

Die darüber liegenden Geschosse sind mit Büroräumen und Räumen zur Fertigungsvorbereitung belegt.

Der Brandabschnitt liegt im 3. Obergeschoß.

Innerhalb des Brandabschnitts sind etwa 50 Personen ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschößzahl

Das Gebäude hat im 3. Obergeschoß Außenabmessungen von

$$106 \text{ m} \times 17 \text{ m} \approx 1.802 \text{ m}^2.$$

Das Gebäude hat 5 Obergeschosse über Oberkante.

1.4. Funktion

Das 3. Obergeschoß wird für die dem Druck folgende, weitere Bearbeitung von Papier genutzt.

Im südlichen Teil bis zur Mitte des Brandabschnitts werden bedruckte Papierbogen gefaltet. In der Mitte des Brandabschnitts werden Bücher und Hefte auf Paletten zwischengelagert. Im nördlichen Drittel des 3. Obergeschosses werden Bücher maschinell gebunden (Rücken verleimt). Am nördlichen Ende des Geschosses werden Bücher auf Paletten gestapelt.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 08/51/020	Blatt-Nr. 2
<p><u>1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe beigelegte Skizze)</u></p> <p>Das Gebäude ist in zwei zeitlich verschiedenen Abschnitten errichtet worden. Bei der Konstruktionsbeschreibung wird der Brandabschnitt deshalb in einen nördlichen und einen südlichen Abschnitt unterteilt.</p> <p>Im nördlichen Teil sind die beiden etwa 40 cm dicken Längswände Außenwände. Die Stirnwand ist ebenfalls etwa 40 cm dick und grenzt den Brandabschnitt gegen das daran anschließende Bürogebäude ab. Im Raum sind zwei Reihen aus Stahlbetonstützen aufgebaut. In Querrichtung sind die Stützenreihen etwa 5 m bzw. 5,5 m vom Außenmauerwerk entfernt. In Längsrichtung beträgt der Stützenabstand etwa 6 m. Die rechteckigen Stahlbetonstützen haben Abmessungen von 60 cm x 60 cm und eine Stützhöhe von etwa 3,5 m. Über die Stahlbetonstützen spannen sich in Querrichtung etwa 60 cm hohe und 35 cm breite Stahlbetonbalken. In Längsrichtung verteilen sich über die Raumbreite 8 Stahlbetonbalken mit Abmessungen von 35 cm Höhe und 30 cm Breite bei einem Achsabstand von etwa 1,65 m. Da weitere Daten der Decke nicht ermittelt werden konnten (z. B. Spiegeldicke), ist anzunehmen, daß es sich um eine Plattenbalkendecke handelt.</p> <p>Im südlichen Teil sind die beiden Längswände und die stirnseitige Wand Außenwände mit etwa 40 cm bzw. 55 cm Dicke. Im Raum stehen zwei Stahlbeton-Stützenreihen, die in Querrichtung etwa 5,5 m (Achismaß) vom Außenmauerwerk entfernt sind. In Längsrichtung beträgt der Stützenabstand etwa 6 m (Achismaß). Die achteckigen Stahlbetonstützen haben einen Durchmesser von etwa 68 cm und eine Stützhöhe von etwa 3,5 m. Über den Stützen spannen sich wie im nördlichen Teil Stahlbetonbalken.</p> <p>In Längsrichtung verteilen sich über die Raumbreite insgesamt 7 Stahlbetonbalken mit 40 cm Höhe und 30 cm Breite; dabei sind auf den beiden äußeren Feldern je 3 Balken und im Mittelfeld 1 Balken angeordnet. Weitere Einzelheiten zur Decke konnten auch hier nicht ermittelt werden; es ist anzunehmen, daß es sich um eine Plattenbalkendecke handelt.</p> <p>Raumausbauten sind im Brandabschnitt nicht vorhanden.</p> <p>Die beiden vorhandenen Treppenhäuser (Südseite und Mitte) sind in feuerbeständiger Ausführung errichtet.</p>		

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts: (siehe beigefügte Skizze)

Länge	99 m	Kellergeschoß	1
Breite	16 m	Geschoßzahl über OK	5
Fläche	1.584 m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	~ 25 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: 3. Obergeschoß Achsen -

Gesamtfläche je Geschoß: $104,75 \text{ m} \times 16 \text{ m} = 1.676 \text{ m}^2$
 ./.. Abzüge: $92 \text{ m}^2 + 11 \text{ m}^2 = 103 \text{ m}^2$ (aus Bürogebäude u. Säulen)
 Summe: 1.573 m^2

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 1.573 m^2 (Bruttofläche)

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_V + A_h \cdot k_f$ (siehe beigefügte Skizze)

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. $\times \text{m}^2$) $\times k_f$	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_V	m ²	$\frac{A_F}{A}$
3. Obergeschoß	-		$[(1 \text{ m} \times 1,9 \text{ m}) \times 3] \times 30 =$	171	$\frac{171}{1.573}$
					0,109

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
 Größe: - Anzahl: -
 äquivalente Öffnungsfläche: -

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 08/51/020	Blatt-Nr. 4
-------------------------	--------------------------	----------------

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: -

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 6 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 35 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung

Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.

[illegible]

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
3. Obergeschoß	157.889	1.573	100,37
Summe	157.889	1.573	100,37

2.7. Bestimmung der bewerteten BrandbelastungWärmeabzugsfaktor $w = 0,9$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{0,9 \times 157.889}{1.573} = 90 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen FaktorenUmrechnungsfaktor $c = 0,25$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,3$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 2	$\gamma_2 = 0,95$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 0,60$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\bar{a}} = c \cdot q_r = 0,25 \times 90 = 22,5 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_{\bar{a}} \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 22,5 \times 1,8 \times 1,0 = 41 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 22,5 \times 1,3 \times 1,0 = 30 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 22,5 \times 0,95 \times 1,0 = 21 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 22,5 \times 0,6 \times 1,0 = 14 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile

3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 60
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 30
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 30 T 30
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	keine Anforderungen
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	keine Anforderungen
	Brüstungen	1	keine Anforderungen
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	keine Anforderungen

Bemerkungen:

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 4.500 m^2 zulässig. Die Angaben wurden eingehalten.

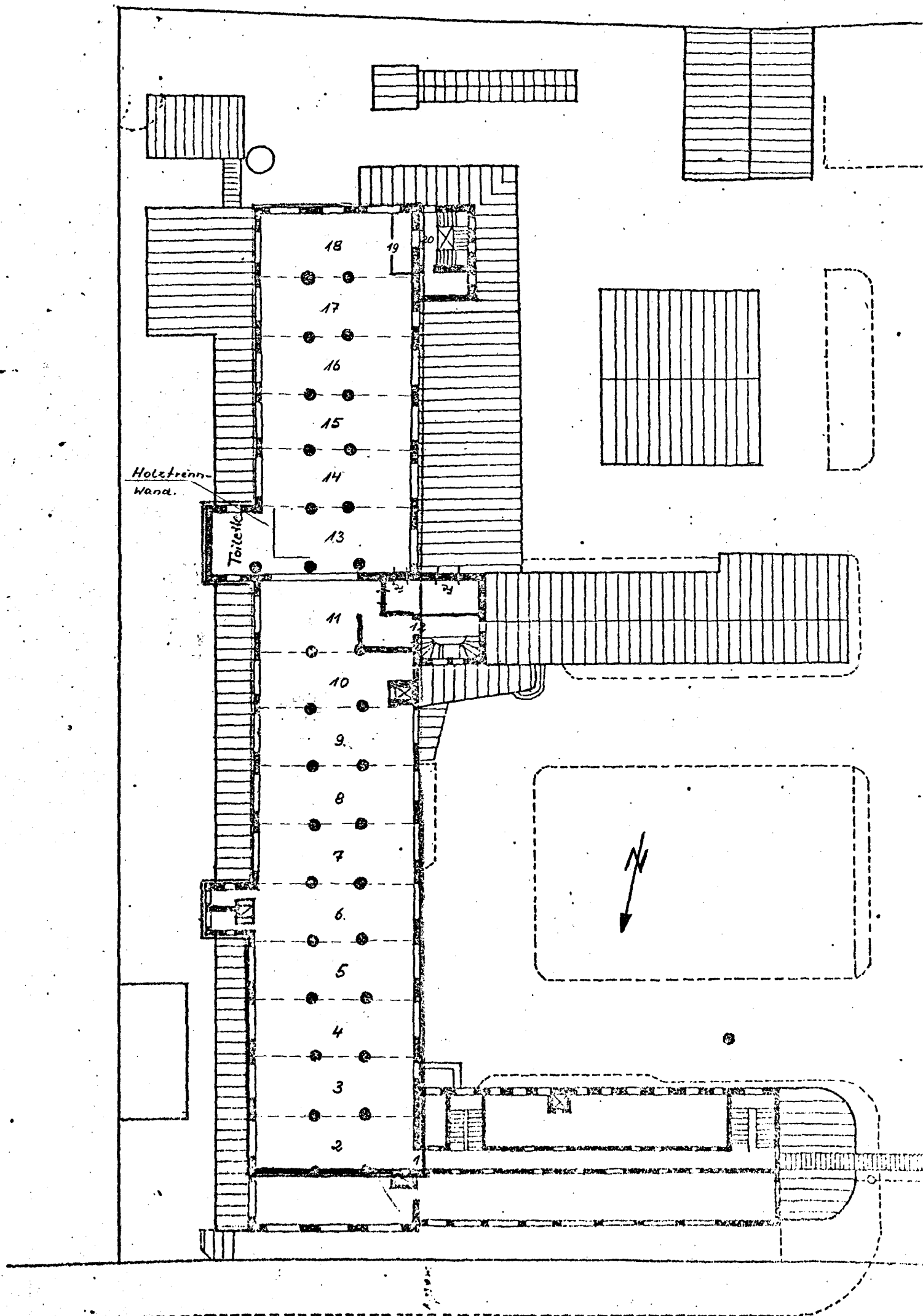
3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile			SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandab- schnitts- wände	-	4	-
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.- decken	Stahlbetonstützen, 60 cm x 60 cm Stahlbetonstützen, 68 cm Ø Mauerwerk, 40 cm bzw. 55 cm Plattenbalkendecke	3	F 180 F 180 F 180 > F 90
	Sonst. bedeut- same Bauteile große Feuer- schutzabschl.	Stahltüren	2	< T 30
	Bauteile von untergeordne- ter Bedeutung	-	1	-
Nichttragende Bauteile als Ab- grenzung des Brandabschnitts	Außenwände	siehe Haupttragwerk	1	F 180
	Brüstungen	-	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	Stahltüren	1	< T 30

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.



08/51/0201-0

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Sechsgeschossiges Fabrikations- und Bürogebäude.

Der Brandabschnitt liegt im 2. Obergeschoß und wird dreiseitig von Außenmauerwerk begrenzt.

Nordseitig grenzt an den Brandabschnitt ein quer dazu verlaufendes Bürogebäude an.

1.2. Gebäudenutzung

Das Gebäude wird bis zum 3. Obergeschoß für die papierverarbeitende Fertigung genutzt. Die darüber liegenden Geschosse dienen als Büroräume und Räume zur Fertigungsvorbereitung.

Der Brandabschnitt liegt im 2. Obergeschoß, Innerhalb des Brandabschnitts sind etwa 30 Personen je Schicht ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschößzahl

Das Gebäude hat im 2. Obergeschoß Außenabmessungen von

$$106 \text{ m} \times 17 \text{ m} \approx 1.802 \text{ m}^2.$$

Das Gebäude hat 5 Obergeschosse über Oberkante.

1.4. Funktion

Das 2. Obergeschoß wird für die dem Druck folgende weitere Bearbeitung von Papier genutzt.

Im südlichen Teil des Brandabschnitts werden Einbände für Bücher gefertigt, bedruckte Seiten maschinell sortiert und Landkarten auf Leinen aufgezogen. Im mittleren Teil des Brandabschnitts werden bedruckte Seiten für Monatshefte maschinell sortiert und verleimt.

Im nördlichen Teil des 2. Obergeschosses werden Vorlagefolein für Unterrichtszwecke hergestellt.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 08/52/021	Blatt-Nr. 2
-------------------------	--------------------------	----------------

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe beigegefügte Skizze)

Das Gebäude ist in zwei zeitlich verschiedenen Abschnitten errichtet worden. Bei der Konstruktionsbeschreibung wird der Brandabschnitt deshalb in einen nördlichen und einen südlichen Abschnitt unterteilt.

Im nördlichen Teil sind die beiden etwa 40 cm dicken Längswände Außenwände. Die Stirnwand ist ebenfalls etwa 40 cm dick und grenzt den Brandabschnitt gegen das daran anschließende Bürogebäude ab. Im Raum sind zwei Reihen aus Stahlbetonstützen aufgebaut. In Querrichtung sind die Stützenreihen etwa 5 m bzw. 5,5 m vom Außenmauerwerk entfernt. In Längsrichtung beträgt der Stützenabstand etwa 6 m. Die achteckigen Stahlbetonstützen haben einen Durchmesser von etwa 65 cm und eine Stützhöhe von etwa 3,50 m. Über die Stahlbetonstützen spannen sich in Querrichtung etwa 60 cm hohe und 35 cm breite Stahlbetonbalken. In Längsrichtung verteilen sich über die Raumbreite 8 Stahlbetonbalken mit Abmessungen von 40 cm Höhe und 28 cm Breite bei einem Achsabstand von etwa 1,65 m. Da weitere Daten der Decke nicht ermittelt werden konnten (z. B. Spiegeldicke), ist anzunehmen, daß es sich um eine Plattenbalkendecke handelt.

Im südlichen Teil sind die beiden Längswände und die stirnseitige Wand Außenwände mit etwa 40 cm Dicke. Im Raum stehen zwei Stahlbeton-Stützenreihen, die in Querrichtung etwa 5,5 m (Achismaß) vom Außenmauerwerk entfernt sind. In Längsrichtung beträgt der Stützenabstand etwa 6 m (Achismaß). Die achteckigen Stahlbetonstützen haben einen Durchmesser von etwa 78 cm und eine Stützhöhe von etwa 3,5 m. Über die Stützen spannen sich wie im nördlichen Teil Stahlbetonbalken.

In Längsrichtung verteilen sich über die Raumbreite insgesamt 7 Stahlbetonbalken mit 40 cm Höhe und 30 cm Breite; dabei sind auf den beiden äußeren Feldern je 3 Balken und im Mittelfeld 1 Balken angeordnet. Weitere Einzelheiten zur Decke konnten auch hier nicht ermittelt werden; es ist anzunehmen, daß es sich um eine Plattenbalkendecke handelt.

An Raumausbauten ist im nördlichen Teil ein Stück von etwa 25 m Länge durch Holztrennwände abgeteilt. Im südlichen Teil ist ein Raum zur Landkartenfertigung durch Holzwände abgeteilt.

Die beiden vorhandenen Treppenhäuser (Südseite und Mitte) sind in feuerbeständiger Ausführung errichtet.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 08/52/021	Blatt-Nr. 3
-------------------------	--------------------------	----------------

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts: (siehe beigegefügte Skizze)

Länge	99 m	Kellergeschoß	1
Breite	16 m	Geschoßzahl über OK	5
Fläche	1.584 m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	~ 25 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: 2. Obergeschoß Achsen -

Gesamtfläche je Geschoß: $105 \text{ m} \times 16 \text{ m} = 1.680 \text{ m}^2$
 ./.. Abzüge: $96 \text{ m}^2 + 11 \text{ m}^2 = 107 \text{ m}^2$ (aus Bürogeb. u. Säulen)
 Summe: 1.573 m^2

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 1.573 m^2 (Bruttofläche)

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_v + A_h \cdot k_f$ (siehe beigegefügte Skizze)

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_v	m ²	$\frac{A_F}{A}$
2. Oberg.	-	-	$[(1 \text{ m} \times 1,9 \text{ m}) \times 3] \times 30$	171	$\frac{171}{1.573}$
					0,109

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
 Größe: - Anzahl: -
 äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: -

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 6 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 35 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung

Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.

Forschung DIN 18 230		Code-Nummer 08/52/021										Blatt-Nr. 5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge Stck.	Masse kg/Stck.	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H _u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q _i [kWh]	Abbrand- faktor m _i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ _i [1]	Bewertete Brandlast Q _i · m _i · ψ _i [kWh]
2.OG	Holz aus Paletten	fest	119	20	-	-	2.380	4,8	11.424	1,0	1,0	11.424
	Holz aus Holzpritschen	fest	58	27,5	-	-	1.595	4,8	7.656	1,0	1,0	7.656
	Holz aus Schränken, Tischen, Borden usw.	fest					2.666	4,8	12.797	1,0	1,0	12.797
	gestapeltes Papier aus Büchern, Heften	fest			105	8,50	89.250	3,8	339.150	0,2	1,0	67.830
	Pappe, gestapelt.	fest			17,1	7,10	12.141	4,2	50.992	0,2	1,0	10.198
	Polyäthylenfolien	fest					1.995	12,2	24.339	0,8 ⁺	1,0	19.471
	PVC-Leisten	fest					200	5,2	1.040	0,2 ⁺	1,0	208
	Leinen (Landkarten)	fest					1.055	4,3	4.536	0,4	1,0	1.814
	Lack- und Drucker- farbe	fest					30	ca. 7,9	237	1,2 ⁺	1,0	284
	Holz aus Raumausbauten	fest					11.500	4,8	55.200	1,0	1,0	55.200
									507.371 : 1.573			86.882 : 1.573
									= 322,55 kWh/m ²			= 118,81 kWh/m ²
	+) vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.											

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
2.Obergeschoß	186.882	1.573	118,81
Summe	186.882	1.573	118,81

2.7. Bestimmung der bewerteten BrandbelastungWärmeabzugsfaktor $w = 0,9$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{0,9 \times 186.882}{1.573} = 107 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen FaktorenUmrechnungsfaktor $c = 0,25$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	f -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	f_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$f_4 = 1,8$	$f_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$f_3 = 1,3$	$f_{nb} = 1,0$
SK _B 2	$f_2 = 0,95$	
SK _B 1	$f_1 = 0,6$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\bar{a}} = c \cdot q_r = 0,25 \times 107 = 27 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\bar{a}} \cdot f \cdot f_{nb} = t_{\bar{a}} \cdot f_4 \cdot 1,0 = 27 \times 1,8 \times 1,0 = 48 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot f_3 \cdot f_{nb} = 27 \times 1,3 \times 1,0 = 35 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot f_2 \cdot f_{nb} = 27 \times 0,95 \times 1,0 = 25 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot f_1 \cdot f_{nb} = 27 \times 0,6 \times 1,0 = 15 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 08/52/021	Blatt-Nr. 7
-------------------------	--------------------------	----------------

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile

3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 90
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 60
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 60 T 60
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F 30
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	F 30
	Brüstungen	1	W 30
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	T 30

Bemerkungen:

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 2.200 m^2 zulässig. Die Angaben wurden eingehalten.

3.2. Ausgeführte Bauweise

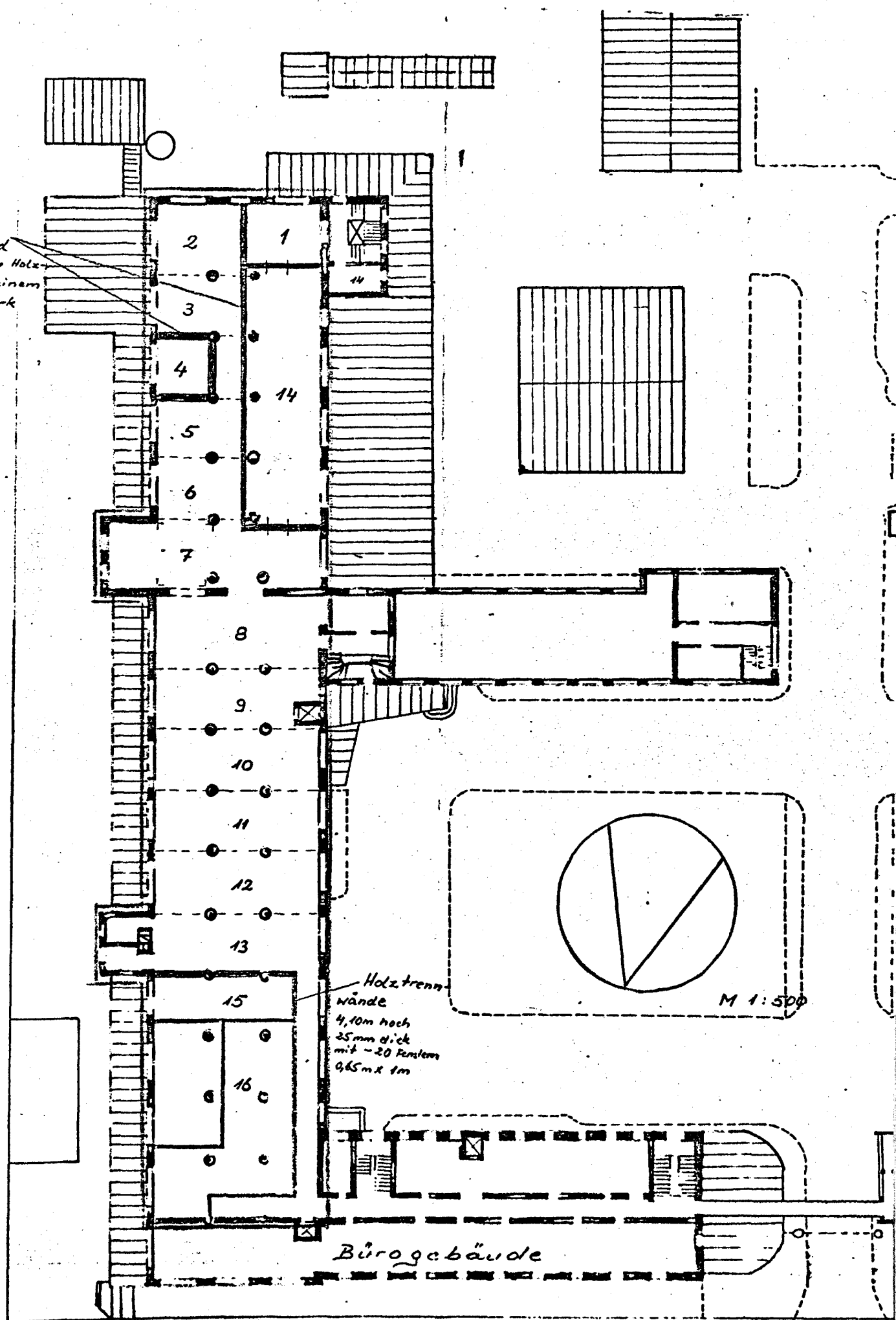
Bauteile			SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	-	4	-
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	Stahlbetonstützen, \varnothing 65 cm Stahlbetonstützen, \varnothing 78 cm Mauerwerk, 40 cm Plattenbalkendecke	3	F 180 F 180 F 180 > F 90
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuerschutzabschl.	Stahltüren	2	< T 30
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	-	1	-
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	siehe Haupttragwerk	1	F 180
	Brüstungen	-	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	Stahltüren	1	< T 30

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.

zweischalige
4,10m hohe Wand
aus 10mm dicken Holz-
spanplatten mit einem
Holzständerwerk



Holz trenn-
wände
4,10m hoch
25mm dick
mit ~20 Fenstern
0,65m x 1m

Bürogebäude

2. Obergeschoss

08/52/021 112

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Sechsgeschossiges Fabrikations- und Bürogebäude.

Der Brandabschnitt liegt im 1. Obergeschoß und wird dreiseitig von Außenmauerwerk begrenzt.

Nordseitig grenzt an den Brandabschnitt ein quer dazu verlaufendes Bürogebäude an.

1.2. Gebäudenutzung

Das Gebäude wird bis zum 3. Obergeschoß für die papierverarbeitende Fertigung genutzt. Die darüber liegenden Geschosse sind mit Büroräumen und Räumen zur Fertigungsvorbereitung belegt.

Der Brandabschnitt liegt im 1. Obergeschoß und ist die Druckerei.

Innerhalb des Brandabschnitts sind etwa 55 Personen je Schicht ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschößzahl

Das Gebäude hat im 1. Obergeschoß Außenabmessungen von

$$106,5 \text{ m} \times 20,5 \text{ m} \approx 2.183 \text{ m}^2.$$

Das Gebäude hat 5 Obergeschosse über Oberkante.

1.4. Funktion

Das 1. Obergeschoß wird für die drucktechnische Bearbeitung von Papier genutzt. Über die gesamte Brandabschnittsfläche verteilt sind Druckereimaschinen aufgestellt, auf denen Papierbögen bedruckt werden.

Im südöstlichen Teil des Brandabschnitts ist außerdem ein Lager mit Druck-Vorlagefolien (Filmmaterial) untergebracht.

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe beigefügte Skizze)

Das Gebäude ist in zwei zeitlich verschiedenen Abschnitten errichtet worden. Bei der Konstruktionsbeschreibung wird der Brandabschnitt deshalb in einen nördlichen und einen südlichen Abschnitt unterteilt.

Im nördlichen Teil sind die beiden etwa 60 cm dicken Längswände Außenwände (Mauerwerk). Die Stirnwand ist etwa 50 cm dickes Mauerwerk und grenzt den Brandabschnitt in nördlicher Richtung ab. Das quer an den Brandabschnitt angrenzende Bürogebäude wird gegen diesen durch eine Stahltür (älterer Bauart) von 200 cm x 250 cm x 5 cm (b x h x d) abgetrennt.

Im Raum sind drei Reihen aus Stahlbetonstützen aufgebaut. In Querrichtung sind die Stützenreihen 3 m bzw. 5 m vom Außenmauerwerk aufgebaut, und zwar im Abstand von 5 m bzw. 5,5 m. In Längsrichtung beträgt der Abstand etwa 6 m. Die Stahlbetonstützen sind achteckig, die mittlere und die westlich gelegene Reihe haben einen Durchmesser von etwa 77 cm, die östliche Säulenreihe hat einen Durchmesser von etwa 60 cm. Die Stützenhöhe beträgt etwa 3,5 m. Über die Stahlbetonstützen spannen sich in Querrichtung etwa 80 cm hohe und 40 cm breite Stahlbetonbalken. In Längsrichtung verteilen sich über die Raumbreite gleichmäßig 10 Stck. Stahlbetonbalken mit Abmessungen von 40 cm Höhe und etwa 25 cm Breite. Da weitere Daten der Decke nicht ermittelt werden konnten (z. B. Spiegeldicke), ist anzunehmen, daß es sich um eine Plattenbalkendecke handelt.

Im südlichen Teil sind die beiden Längswände und die stirnseitige Wand Außenwände mit etwa 60 cm Dicke. Die im Raum stehenden drei Stützenreihen verlaufen mit denselben Längs- bzw. Querabständen wie im nördlichen Abschnitt. Die achteckigen Stahlbetonstützen haben hier jedoch bei gleicher Höhe einen Durchmesser von 95 cm.

Der Verlauf der Stahlbetonbalken des Deckenaufbaus entspricht im wesentlichen dem des nördlichen Teils. Lediglich im Mittelfeld verläuft in Längsrichtung nur ein Stahlbetonbalken von 45 cm Höhe und 30 cm Breite. Weitere Einzelheiten zur Deckenkonstruktion konnten auch hier nicht ermittelt werden; es ist anzunehmen, daß es sich um eine Plattenbalkendecke handelt.

An Raumausbauten ist im südwestlichen Teil des Brandabschnitts ein Lager für zum Druck erforderliche Vorlagefolien (Filmfolien) durch gemauerte Trennwände abgeteilt. Außerdem ist an der südlichen Stirnseite der Bereich der Werkstattmeister durch leichte Holz-/Glastrennwände abgeteilt.

Die beiden vorhandenen Treppenhäuser (Südseite und Nordseite) sind in feuerbeständiger Ausführung errichtet.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 08/53/022	Blatt-Nr. 3
-------------------------	--------------------------	----------------

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts:

Länge	105 m	Kellergeschoß	1
Breite	19 m	Geschoßzahl über OK	5
Fläche	1.995 m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	~ 25 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: 1. Obergeschoß Achsen -

Gesamtfläche je Geschoß: 105 m x 19 m = 1.995 m²

./.. Abzüge: 32 m² (aus Stützen u. Aufzugschächten)

Summe: 1.963 m²

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 1.963 m² (Bruttofläche)

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_v + A_h \cdot k_f$ (siehe beigefügte Skizze)

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_v	m ²	$\frac{A_F}{A}$
1.Oberg.	-	-	[(1 m x 3 m) x 3] x 35 =	315	$\frac{315}{1.963}$
					0,160

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
Größe: - Anzahl: -
äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: -

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 6 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 35 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung

Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.

Forschung DIN 18 230		Code-Nummer 08/52/022										Blatt-Nr. 5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge Stck.	Masse kg/Stck.	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H _u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q _i [kWh]	Abbrand- faktor m _i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ_i [1]	Bewertete Brandlast Q _i · m _i · ψ_i [kWh]
1.OG	Holz aus Paletten	fest	224	20	-	-	4.480	4,8	21.504	1,0	1,0	21.504
	Holz aus Holzpritschen	fest	97	27,5	-	-	2.667	4,8	12.802	1,0	1,0	12.802
	Holz aus Schränken, Regalen, Tischen	fest				6,0	3.734	4,8	17.923	1,0	1,0	17.923
	Holz aus Maschinenpodesten	fest				6,0	923	4,8	4.430	1,0	1,0	4.430
	Papier in Palettenstapeln	fest				7,25 13,00	101.348	3,8	385.122	0,2	1,0	77.024
	Filmmaterial (Celluloid)	fest					8.925	~ 6,8	60.690	1,3 ⁺	1,0	78.897
	feuergefährliche Flüssigkeiten (Alkohol, Formex usw.)	flüssig					759	~ 7,8	5.920	1,2	1,0	7.104
	Öle	flüssig					486	13,6	6.610	0,4 ⁺	1,0	2.644
	Fett	fest					20	11,5	230	0,6 ⁺	1,0	138
	Lack- u. Druckerfarbe	flüssig					236	~ 7,9	1.864	1,2 ⁺	1,0	2.237
	Holz aus Raumausbauten	fest					875	4,8	4.200	1,0	1,0	4.200
									521.295 : 1.963			228.903 : 1.963
								=	265,56 kWh/m ²			= 116,61 kWh/m ²
	+) vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.											

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
1.Obergeschoß	228.903	1.963	116,61
Summe	228.903	1.963	116,61

2.7. Bestimmung der bewerteten Brandbelastung

Wärmeabzugsfaktor $w = 0,7$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{0,7 \times 228.903}{1.962} = 82 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen Faktoren

Umrechnungsfaktor $c = 0,25$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	f-Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	f _{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	f ₄ = 1,8	f _{nb} = 1,0
SK _B 3	f ₃ = 1,45	f _{nb} = 1,0
SK _B 2	f ₂ = 1,15	
SK _B 1	f ₁ = 0,80	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\bar{a}} = c \cdot q_r = 0,25 \times 82 = 21 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned}
 \text{erf } R &= t_{\bar{a}} \cdot f \cdot f_{nb} = t_{\bar{a}} \cdot f_4 \cdot 1,0 = 21 \times 1,8 \times 1,0 = 38 \quad [\text{min}] \\
 &= t_{\bar{a}} \cdot f_3 \cdot f_{nb} = 21 \times 1,45 \times 1,0 = 30 \quad [\text{min}] \\
 &= t_{\bar{a}} \cdot f_2 \cdot f_{nb} = 21 \times 1,15 \times 1,0 = 24 \quad [\text{min}] \\
 &= t_{\bar{a}} \cdot f_1 \cdot f_{nb} = 21 \times 0,80 \times 1,0 = 17 \quad [\text{min}]
 \end{aligned}$$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile

3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 60
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 30
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 30
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	keine Anforderungen
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	keine Anforderungen
	Brüstungen	1	keine Anforderungen
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	keine Anforderungen

Bemerkungen:

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 4.500 m^2 zulässig. Die Angaben wurden eingehalten.

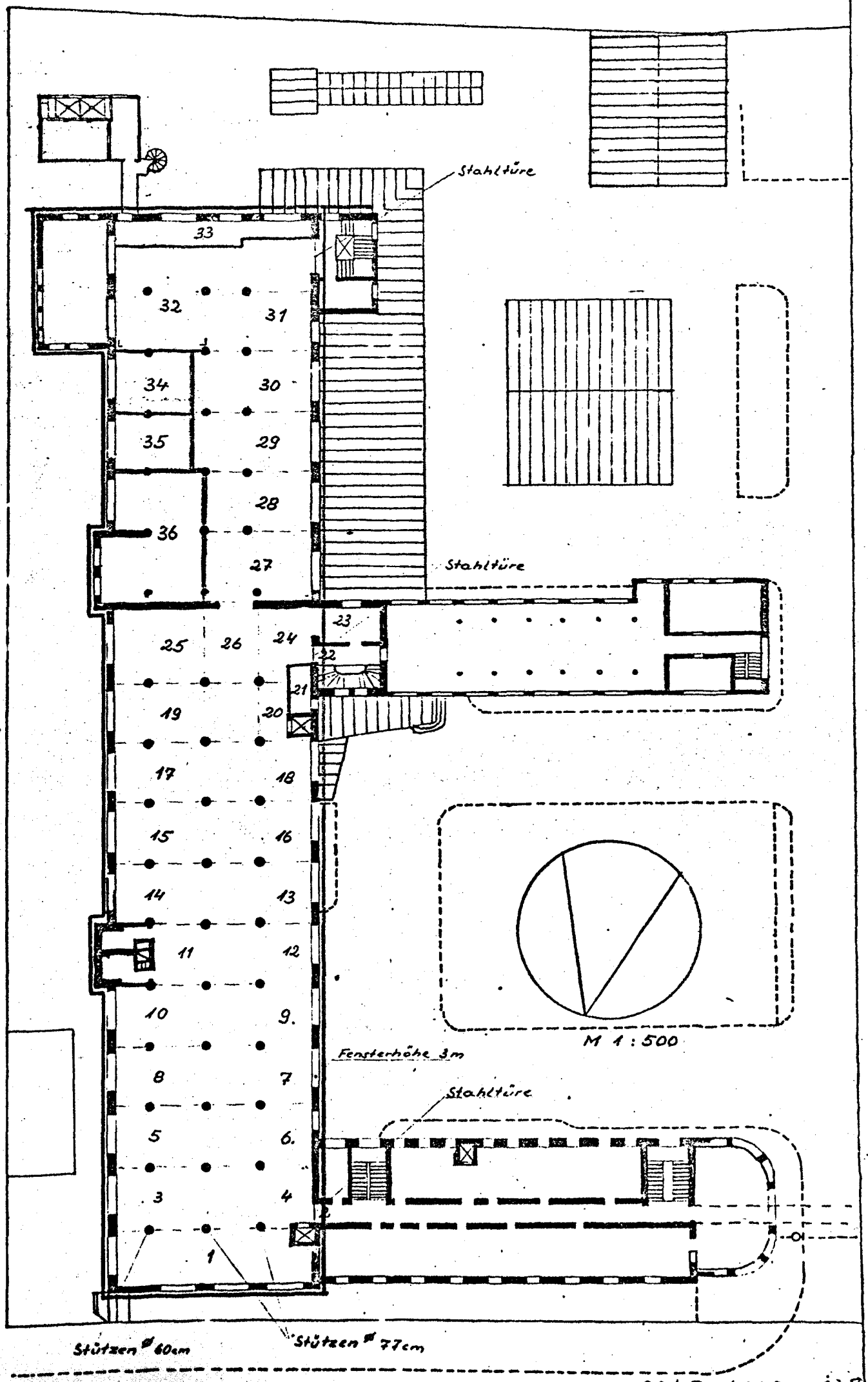
3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile			SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	-	4	-
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	Stahlbetonstützen, ϕ 60 cm Stahlbetonstützen, ϕ 77 cm Mauerwerk, 60 cm Plattenbalkendecke	3	F 180 F 180 F 180 > F 90
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuerschutzabschl.	Stahltüren	2	< T 30
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	-	1	-
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	siehe Haupttragwerk	1	F 180
	Brüstungen	-	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	-	1	-

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.



1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart: Lagerhalle

Der Brandabschnitt liegt ebenerdig und wird dreiseitig von Außenmauerwerk begrenzt. Nordseitig grenzt an den Brandabschnitt ein Teil des Versandes an, der durch 24 cm dickes Mauerwerk, in das eine Stahltür T 90 eingebaut ist, von der Lagerhalle getrennt ist.

1.2. Gebäudenutzung

Die Halle wird für die Zwischenlagerung fertiger Druckereierzeugnisse (Bücher, Hefte, Landkarten usw.) genutzt.

Der Brandabschnitt liegt ebenerdig (Erdgeschoß).

Innerhalb des Brandabschnitts sind etwa 15 Personen ständig beschäftigt.

Auf der Südseite des Gebäudes ist, abgeteilt durch 24 cm dickes Mauerwerk und darin eingebaute Stahltüren, die Betriebstischlerei untergebracht. Die Betriebstischlerei wurde in die Untersuchungen nicht mit einbezogen.

1.3. Grundrißfläche und Geschoßzahl

Das Gebäude ist ebenerdig und hat Außenabmessungen von

$$97,5 \text{ m} \times 25 \text{ m} = 2.437,5 \text{ m}^2.$$

1.4. Funktion

Die in anderen Gebäuden hergestellten Druckereierzeugnisse, wie z. B. Bücher, Landkarten usw., werden in diesem Gebäude bis zum Versand zwischengelagert. Außerdem wird hier ein Teil des zur Fertigung benötigten Papiers gelagert.

Auf den in der Halle befindlichen Bühnen wird betriebliches Aktenmaterial gelagert.

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe beigelegte Skizze)

Das Gebäude besteht aus sechs in Hallenlängsrichtung hintereinander stehenden Bauabschnitten mit jeweils einem Pultdach.

An den vier Ecken jedes Bauabschnitts steht jeweils eine 4,5 m hohe Stahlbetonsäule mit den Abmessungen 50 cm x 40 cm.

Das Umfassungsmauerwerk der einzelnen Bauabschnitte besteht aus 24 cm dickem Mauerwerk, mit dem die Stahlbetonsäulen ausgefacht sind. Auf der Westseite jedes Bauabschnitts ist in das Umfassungsmauerwerk ein Holz-Schiebetor von 3 m x 3 m eingebaut.

In 4,5 m Höhe umspannt ein Stahlbeton-Ringanker die einzelnen Bauabschnitte.

In der Mitte der Hallenbreite sind im Abstand von jeweils 15 m I-förmige 0,9 x 0,95 m breite und an den Schenkeln 20 cm dicke Stahlbetonpfeiler errichtet.

Dachaufbau:

Die Höhe des Pultdachs ist auf der einen Dachseite 7,25 m, auf der anderen Seite 4,5 m. Die flache geneigte Dachfläche des Pultdachs ist mit Holz-Rauhspundbohlen und einer Teerpappedeckung versehen. Isoliert ist diese Dachfläche mit unterseitig angebrachten Heraklith-Bauplatten.

Eine zweite, fast senkrecht stehende Fläche des Pultdachs ist als Lichtband ausgebildet, das mit lichtdurchlässigem Well-Scobalit bekleidet ist.

Die aus dem Dachaufbau auftretenden Lasten werden über ein ungeschütztes Stahlfachwerk aus U-Eisen (U 160) und Winkleisen (60 x 60 x 6) auf die in Hallenmitte stehenden Betonpfeiler und auf das seitliche Mauerwerk, das ostseitig an den Auflagerstellen zu gemauerten Pfeilern von 40 cm x 50 cm verbreitert ist, abgetragen. Westseitig wurde auf den Ringanker aufgelegt.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 08/54/023	Blatt-Nr. 3
-------------------------	--------------------------	----------------

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts: (siehe beigefügte Skizze)

Länge	96,5 m	Kellergeschoß	-
Breite	24,5 m	Geschoßzahl über OK	1
Fläche	2.364 m ²	Bühnen	3 Stck. in 4,5 m
Dachhöhe	7,25 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Lagerhalle

Achsen -

Gesamtfläche je Geschoß: $96,5 \text{ m} \times 24,5 \text{ m} = 2.364 \text{ m}^2$

./. Abzüge: 324 m^2 (Tischlerei und Ausbauten)

Summe: 2.040 m^2

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 2.040 m^2

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_V + A_h \cdot k_f$ (siehe beigefügte Skizze)

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_V	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Erdgeschoß	-	-	$(24 \text{ m} \times 1,6 \text{ m}) \times 5 = 192,0$ $(3 \text{ m} \times 3 \text{ m}) \times 5 = 45,0$ $2,10 \text{ m} \times 2,6 \text{ m} = 5,5$	192,0 45,0 5,5	$\frac{242,5}{2.040}$ 0,119

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
Größe: - Anzahl: -
äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: -

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 6 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 60 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung

Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge Stck.	Masse kg/Stck.	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H _u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q _i [kWh]	Abbrand- faktor m _i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ _i [1]	Bewertete Brandlast Q _i · m _i · ψ _i [kWh]
Erdg.	Holz aus Paletten	fest	1.872	20	-	-	37.440	4,8	179.712	1,0	1,0	179.712
	Papier aus Büchern und Stapeln	fest					573.698	3,8	2.180.052	0,2	1,0	436.010
	Holz aus Büro- u. Ausstellungsmöbeln	fest					330	4,8	1.584	1,0	1,0	1.584
	Holz aus Raumausbau- ten, Fußböden von Zwischenpodesten, Türen	fest				6,00	17.771	4,8	85.301	1,0	1,0	85.301
	Holz aus dem Dach (Rauhspundbohlen)	fest			41	6,00	24.600	4,8	118.080	1,0	1,0	118.080
	Tür (Kautschuk o.ä.)	fest					55	12,6	693	1,0 ⁺⁾	1,0	693
									2.565.422 : 2.040			821.381 : 2.040
									= 1.257,5 kWh/m ²			= 402,6 kWh/m ²
133	+) Vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.											

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Erdgeschoß	821.381	2.040	402,6
Summe	821,381	2.040	402,6

2.7. Bestimmung der bewerteten BrandbelastungWärmeabzugsfaktor $w = 1,0$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{1,0 \times 821.381}{2.040} = 402,6 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen FaktorenUmrechnungsfaktor $c = 0,2$ (nach Tabelle 3 der Norm).

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,3$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 2	$\gamma_2 = 1,0$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 0,7$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\ddot{a}} = c \cdot q_r = 0,2 \times 403 = 81 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\ddot{a}} \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_{\ddot{a}} \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 81 \times 1,8 \times 1,0 = 146 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\ddot{a}} \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 81 \times 1,3 \times 1,0 = 105 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\ddot{a}} \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 81 \times 1,0 \times 1,0 = 81 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\ddot{a}} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 81 \times 0,7 \times 1,0 = 57 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile

3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 120
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $> 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 90 T 90
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F 60
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	F 60
	Brüstungen	1	W 60
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	T 60

Bemerkungen:

Eine Befreiung von den obigen Anforderungen ist für den untersuchten Gebäudeteil nach Anlage 3 der Norm nicht zulässig.

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 2.500 m^2 zulässig. Die Angaben wurden eingehalten.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 08/54/023	Blatt-Nr. 8
-------------------------	--------------------------	----------------

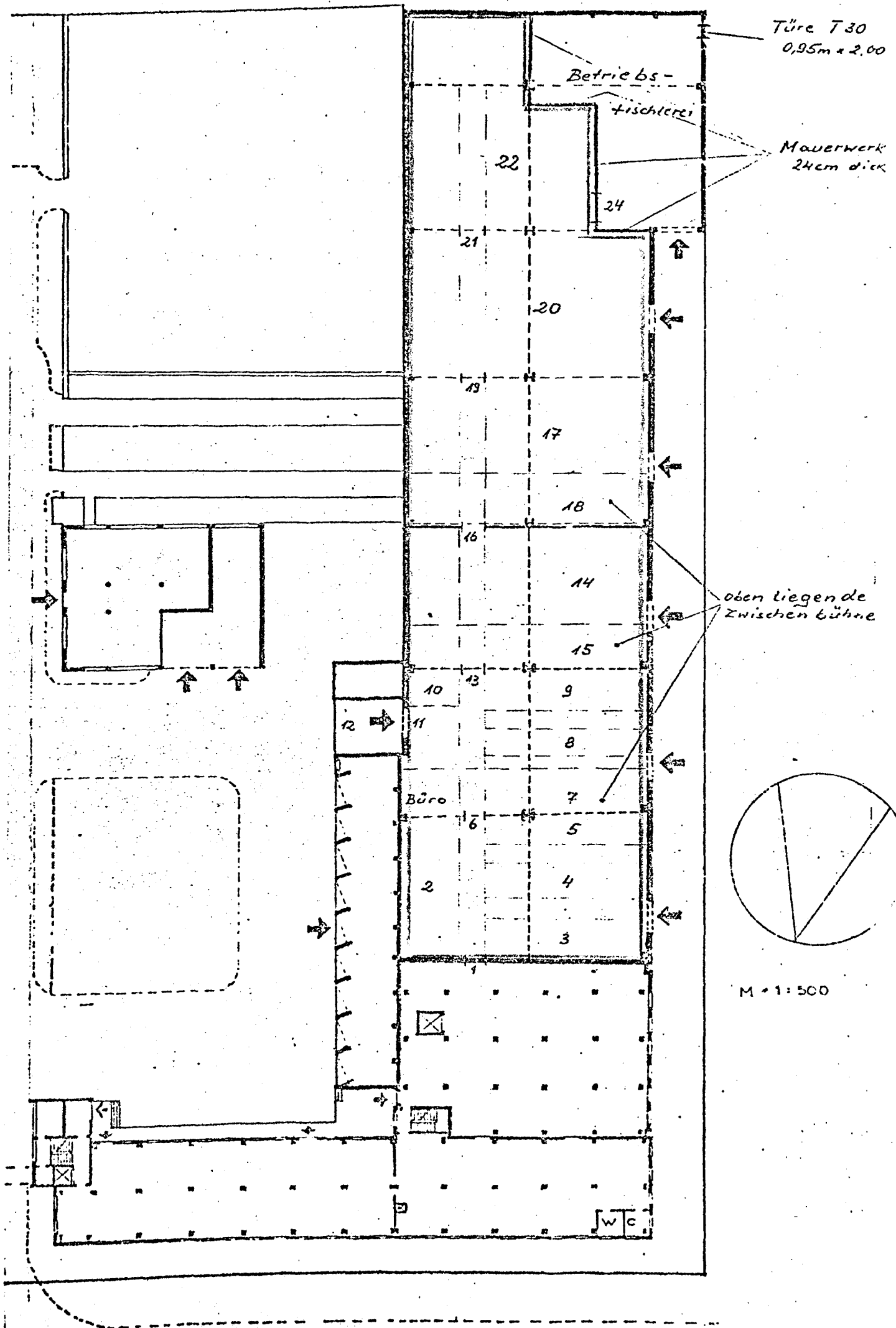
3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile			SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	Mauerwerk, 24 cm	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	Stahlbetonstützen, 40 cm x 50 cm I-förmige Stahlbetonpfeiler, 90 cm x 95 cm x 20 cm	3	F 180 F 60
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuer-schutzabschl.	Stahltür T 90 180 cm x 225 cm x 5,5 cm	2	T 90
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	ungeschütztes Stahlfachwerk Holzschiebetore, 300 cm x 300 cm	1	< F 30 < T 30
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	Mauerwerk, 24 cm	1	F 180
	Brüstungen	-	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	Stahltür, 300 cm x 250 cm	1	~ T 60

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.



08/54/0237

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Hochregal- und Auslieferungslager.

Der Brandabschnitt liegt ebenerdig und wird allseitig von Außenwänden begrenzt. Die Außenwände bestehen teilweise aus einer Stahlblech-Sandwich-Konstruktion und teilweise aus Mauerwerk.

1.2. Gebäudenutzung

Die Halle dient zur Lagerung, zur Verpackung und zum Versand von Büchern. Innerhalb des Brandabschnitts sind etwa 30 Personen ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschoßzahl

Das Gebäude ist ebenerdig. Die Außenabmessungen sind unregelmäßig und der beige-fügten Skizze zu entnehmen. Die Brandabschnittsfläche des Hochregallagers ist 3.458 m^2 , die des Auslieferungslagers 1.738 m^2 . Gesamtfläche: 5.196 m^2 .

1.4. Funktion

Die an anderen Stellen hergestellten Druckereierzeugnisse, wie z. B. Bücher usw., werden im Hochregallager zwischengelagert und je nach Auftragseingang über das Auslieferungslager zum Versand gebracht.

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe beigelegte Skizze)

Das gesamte Hochregallager kann vom Aufbau her in drei Teile gegliedert werden:

- a) in die südseitig gelegene Bereitstellung,
- b) in das eigentliche Hochregallager und
- c) in die nordseitig gelegene Umfahrt "Nord".

Der an die Stahlblech-Sandwichwände des Hochregallagers angebaute, etwa 4 m hohe Raum zur Bereitstellung ist als Stahlbetonkonstruktion errichtet. Im Abstand von etwa 6 m sind in der Außenwand etwa 4 m hohe Stahlbetonstützen mit Abmessungen von 30 cm x 30 cm errichtet. Über die Stützen spannen sich zum Hochregallager hin Stahlbetonpfetten mit denselben Abmessungen. Darauf liegt die Dachkonstruktion, ein Trapezblechdach, auf.

Die an den drei Seiten liegenden Außenwände sind Stahlbetonwände von etwa 20 cm Dicke. Das Hochregallager ist durch die Stahlblechsandwich-Wände, in die 2 Pendeltüren von etwa 2,5 m Breite und 3 m Höhe eingebaut sind, von der Bereitstellung getrennt.

Das etwa 13 m hohe Hochregallager und die etwa 4,5 m hohe Umfahrt Nord sind direkt miteinander verbunden. Die tragenden Teile bestehen aus einer nicht ummantelten Stahlkonstruktion. Südseitig sind im Anschluß an die Bereitstellung in Querrichtung im Abstand von 4,2 m Stahlstützen I 270 von etwa 13 m Höhe errichtet. An den drei anderen Seiten sind Stahlstützen I PB 120 aufgebaut.

Das Dach, ein ungeschütztes Trapezblechdach, liegt südseitig bis zum Hochregal auf Stahlträgern I 270. Für die weitere Abtragung der Lasten aus dem Dach ist die Stahlkonstruktion des Hochregals statisch mit einbezogen. Die Dachlasten des Trapezblechdachs aus der Umfahrt Nord werden über Stahlträger I PB 280 auf Stahlstützen IPB 120 abgetragen.

Die Außenwände des Hochregallagers und die Wand zum Auslieferungslager (Versand), in die zwei Pendeltüren (B = 2,5 m, H = 3,0 m) eingebaut sind, sind etwa 5 cm dicke Stahlblech-Sandwich-Wände.

An das Hochregallager grenzen westlich das Auslieferungslager und der Versand an. Die tragenden Teile dieses unregelmäßig angeordneten Hallenteils bestehen bis auf eine Wand, die in Stahlblech-Sandwich-Bauweise ausgeführt ist (nordwestliche Außenwand), aus Mauerwerk von ≥ 24 cm Dicke mit darin integrierten Stahlbetonstützen.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 08/55/024	Blatt-Nr. 3
-------------------------	--------------------------	----------------

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts: (siehe beigefügte Skizze)

Länge	unregelmäßig, s. beigef. Skizze	Kellergeschoß	-
Breite	"	Geschoßzahl über OK	1
Fläche	5.196 m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	5 m; 13 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Hochregal-Lager, Bereitstellung, Umfahrt Nord, Auslieferungslager u. Versand Achsen -

Gesamtfläche je Geschoß: 5.196 m² (Grundrißfläche)

./. Abzüge: -

Summe: 5.196 m²

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 5.196 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_v + A_n \cdot k_f$ (siehe beigefügte Skizze)

Geschoß	Dachöffnungen A_n (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_v	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Erdgesch.	(49 x 1,7) x 2,9 = (7 x 1,7) x 2,9 =	241,57 34,51	(1 m x 2,5 m) x 21 = 36 m x 1,0 m = 9 m x 1,0 m = 9 m x 4,5 m = 4 m x 5 m = 1 m x 2 m =	52,5 36,0 9,0 40,5 20,0 2,0	$\frac{436}{5.196}$ 0,084

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
Größe: - Anzahl: -
äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: im gesamten Brandabschnitt vorhanden

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 5 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 70 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung

Der überwiegende Teil der Brandlast des gesamten Brandabschnitts befindet sich im Hochregallager.

Die in den anderen Teilen des Brandabschnitts vorhandene Brandlast ist gleichmäßig verteilt.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge Stck.	Masse kg/Stck.	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H _u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q _i [kWh]	Abbrand- faktor m _i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ _i [1]	Bewertete Brandlast Q _i · m _i · ψ _i [kWh]
Hochre- gallager	Holz aus Paletten	fest	9.344	15	-	-	140.160	4,8	672.768	1,0	1,0	672.768
	Holz aus eingelegten Spanplatten	fest	4.600	26,5	-	-	121.900	4,8	585.120	1,0	1,0	121.900
	Papier aus gestapel- ten Büchern	fest	9.500	~750 kg/ Plätze Platz	-	-	7.125.000	3,8	27.075.000	0,2	1,0	5.415.000
	PE-Folie aus verpack- ten Büchern	fest	4.750 Paletten	1kg/Pal.	-	-	4.750	12,2	57.950	0,8 ⁺)	1,0	46.360
Ausliefe- rungs- lager und Versand	- Papier aus gesta- pelten Büchern	fest	1.400 Fächer	~130 kg/ Fach	-	-	182.000	3,8	691.600	0,2	1,0	138.320
	Holz aus Zwischen- bühne	fest	~400m ²	-	14	6,00	8.400	4,8	40.320	1,0	1,0	40.320
	Holz aus Paletten	fest	190	15	-	-	2.850	4,8	13.680	1,0	1,0	13.680
	Papier aus Büchern, gestapelt auf Palett.	fest	90Pal.	~750kg/ Palette	-	-	67.500	3,8	256.600	0,2	1,0	51.300
	PE-Folien aus ver- packten Büchern	fest	90Pal.	1kg/Pal.	-	-	90	12,2	1.098	0,8 ⁺)	1,0	878
									29.394.036 : 5.196			6.500.526 : 5.196
									= 5.657 kWh/m ²			1.251,06 kWh/m ²
	Aus dem Gebäude braucht keine Brandlast berücksichtigt zu werden.											
	+) Vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.											

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Hochregallager	6.256.028	3.021	} 1.251,06
Bereitstellung	} 244.498	437	
Auslieferungslager und Versand		1.738	
Summe	6.500.526	5.196	1.251,06

2.7. Bestimmung der bewerteten Brandbelastung

Wärmeabzugsfaktor $w = 1,2$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{1,2 \times 6.500.526}{5.196} = 1.501 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen Faktoren

Umrechnungsfaktor $c = 0,2$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	f-Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	f _{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	f ₄ = 1,8	f _{nb} = 1,0 f _{nb} = 0,6
SK _B 3	f ₃ = 1,6	
SK _B 2	f ₂ = 1,25	
SK _B 1	f ₁ = 0,95	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\ddot{a}} = c \cdot q_r = 0,2 \times 1.501 = 300 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\ddot{a}} \cdot f \cdot f_{nb} = t_{\ddot{a}} \cdot f_4 \cdot 1,0 = 300 \times 1,8 \times 1,0 = 540 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\ddot{a}} \cdot f_3 \cdot f_{nb} = 300 \times 1,6 \times 0,6 = 288 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\ddot{a}} \cdot f_2 \cdot f_{nb} = 300 \times 1,25 \times 0,6 = 225 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\ddot{a}} \cdot f_1 \cdot f_{nb} = 300 \times 0,95 \times 0,6 = 171 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile

3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 120
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 90
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F 60
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	F 60
	Brüstungen	1	W 60
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	T 60

Bemerkungen:

Eine Befreiung von den obigen Anforderungen ist für den untersuchten Gebäudeteil nach Anlage 3 der Norm nicht zulässig.

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 2.500 m^2 zulässig. Die Angaben wurden nicht eingehalten.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 08/55/024	Blatt-Nr. 8
-------------------------	--------------------------	----------------

3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile		SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	4	-
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	3	< F 30 < F 30 < F 30 < F 90
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuer-schutzabschl.	2	< F 30 < F 30
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	< F 30
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	< F 30 F 180
	Brüstungen	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ² Rolll Tore	1	< T 30

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Mehrzweck-Fertigungshalle

Der gesamte Brandabschnitt wird von Außenmauerwerk begrenzt.

1.2. Gebäudenutzung

Die Fertigungshalle wird als Mehrzweckhalle genutzt. Im nördlichen Hallenteil ist die Montage untergebracht. Im Mitteltrakt befinden sich Vormontagen, Werkzeugbau Kunststoffspritzerei, Automatendreherei, Einzelteilefertigung und Stanzerei. Der südliche Hallenteil ist mit dem Wareneingang, dem Material- und Teilelager, der Oberflächenbearbeitung (teilunterkellert) und dem Fertigwarenlager belegt. Im Mitteltrakt befindet sich in etwa 4 m Höhe eine umlaufende Zwischenbühne. Hier sind die sanitären Einrichtungen wie Garderoben und Toiletten untergebracht. Im nördlichen Hallenteil sind über der Montage Büroräume untergebracht. Die Zwischenbühne des Mitteltrakts ist über einen Verbindungsgang mit den im nördlichen Teil gelegenen Büroräumen verbunden. Innerhalb des Brandabschnitts sind etwa 1300 Personen ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschoßzahl

Die Fertigungshalle hat Abmessungen von

$$180 \text{ m} \times 105 \text{ m} + 90 \text{ m} \times 37,5 \text{ m} = 22.275 \text{ m}^2.$$

Die Halle ist eingeschossig.

1.4. Funktion

In der gesamten Halle ist die Fabrikation elektronisch gesteuerter Büromaschinen untergebracht.

Die im südlichen Hallenteil angelieferten Rohmaterialien und Einzelteile fließen über die im Mitteltrakt gelegenen Fertigungsabteilungen und über die Vormontagen als Baugruppen in die Endmontagen. Die Endprodukte werden über Kontrollen an die südost-seitig gelegenen Abteilungen Verpackung und Fertigwarenlager weitergegeben.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 09/11/025	Blatt-Nr. 2 a
<p><u>1.5. Konstruktion und Ausbau</u> (siehe beigefügte Skizze)</p> <p>Die Fertigungshalle besteht aus dem Erdgeschoß, einer Teilunterkellerung und einer umlaufenden Zwischenbühne. An die Halle schließt sich unmittelbar ein Erweiterungsbau mit Fertigungsräumen im Erdgeschoß und Büroräumen im Obergeschoß an.</p> <p>Der Aufbau der Halle kann gegliedert werden in einen Süd-, einen Mittel- und einen Nordtrakt. An den Nordtrakt ist in einem späteren Bauvorhaben ein weiterer Abschnitt von 37,5 m Breite und 90 m Länge angebaut worden.</p> <p>Die einzelnen Trakte sind durch 5 m breite und 3,5 m hohe, über die gesamte Hallenlänge verlaufende Fahrstraßen voneinander getrennt. Zwischen Erweiterungsbau und Nordtrakt verläuft ein etwa 3,3 m breiter und 3,7 m hoher Gang.</p> <p>Über den Fahrstraßen liegt in den Reihen G - F' und J - J' je eine über die Hallenlänge verlaufende Zwischenbühne. Beide Bühnen sind durch je eine am Hallenanfang und -ende quer dazu verlaufende Zwischenbühne miteinander verbunden. Der Erweiterungsbau, in dem auf der Nordseite etwa 1,2 m über der Hallen-Zwischenbühne Büroräume untergebracht sind, ist durch einen ostseitig verlaufenden Gang mit der Zwischenbühne der Halle verbunden.</p> <p>Die tragende Konstruktion des gesamten Bauwerks besteht aus einer ungeschützten Stahlkonstruktion.</p> <p>Im Hallenteil sind die Stahlstützen I PB 340 bzw. I PB1 240 und I PB 240 bei einer Stützweite von 15 m in Querrichtung in Hallenlängsrichtung im Abstand von 7,5 m angeordnet.</p> <p>Zur Stabilisierung der Halle in Längsrichtung sind die Stahlstützen in den Reihen F' - G und J - J' in 5,80 m Höhe mit Stahlträgern I PE 600 verbunden und als zweigeschossige Rahmen ausgebildet. Das Dachtragwerk ist eine ungeschützte stählerne Fachwerkbinder-Konstruktion mit 1,65 m Höhe, die aus U- und Winkelstählen (U 100 und L 80 x 80 mm bzw. 50 x 50 mm) hergestellt ist. Auf der Binderkonstruktion liegen in einem Abstand von 1 m in Hallenquerrichtung I-förmig profilierte 250 mm hohe Rippen, hergestellt aus 2 mm dicken Blechen. Darauf liegt eine in Hallenquerrichtung verlaufende "Tektal"-Dacheindeckung aus Sickenblechen von 1 m Länge und 0,75 mm Blechdicke.</p> <p>Der Erweiterungsanbau, der sich an den Nordtrakt anschließt, ist ähnlich wie die Halle aufgebaut. Die tragende Konstruktion besteht aus drei Reihen nicht geschützter Stahlstützen I PB 380, die in Querrichtung 7,5 m vom Nordtrakt und dann mit einer Spannweite von 22,5 m und 7,5 m angeordnet sind. In Längsrichtung haben die Stützen einen Abstand von 7,5 m und sind in etwa 4,6 m Höhe durch Stahlträger I PE 500 ausgesteift. Über dem letzten nordseitigen Feld des Erweiterungsbaus liegt eine 7,5 m breite und 2,75 m hohe Bürozone.</p> <p>Der Aufbau des Dachtragwerks und die Deckung des Erweiterungsbaus sind mit der Halle im wesentlichen identisch.</p> <p>Die Halle und der Erweiterungsanbau sind außenseitig mit 7,5 m langen, 1,3 m breiten und 15 cm dicken Stahlbeton-Fertigteilelementen verblendet, die an den stählernen Wandstielen verankert waren. In etwa 1,3 m Höhe verläuft um den gesamten Bau ein 1 m breiter Fensterband.</p> <p><u>Innenausbau</u></p> <p>Über die gesamte Hallenlänge ist der Südtrakt durch 11,5 cm dickes Mauerwerk abgeteilt; außerdem verläuft bei Achse 28 über die gesamte Hallenbreite eine etwa 5,6 m hohe, 11,5 cm dicke Wand. Innerhalb der Halle sind verschiedene Abteilungen durch etwa 1,5 m hohes Mauerwerk und Verglasung abgeteilt.</p> <p>Der Erweiterungsbau ist durch etwa 1,5 m hohes Mauerwerk mit einem sich darüber befindlichen Fensterband von der Halle getrennt.</p>		

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 09/11/025	Blatt-Nr. 2 b
<p>Die in etwa 4 m Höhe in der Halle umlaufend angeordnete 7,5 m breite Zwischenbühne ist über Treppen, die im Abstand von etwa 45 m angeordnet sind, von der Halle aus zu erreichen. Hier sind Sozial- und Sanitärräume untergebracht. Die Bühne ist als Rippendecke mit 20 cm hohen Rippen ausgebildet, die im Abstand von 2,5 m x 4 m angeordnet sind. Die in etwa 5,3 m Höhe auf der Nordseite des Erweiterungsanbaus gelegenen 2,75 m hohen Büroräume sind über einen ostseitig gelegenen Verbindungsgang mit der Zwischenbühne verbunden.</p> <p>Der gesamte Erweiterungsbau ist in 3,9 m Höhe mit einer abgehängten Unterdecke versehen.</p>		

144

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 09/11/025	Blatt-Nr. 3
-------------------------	--------------------------	----------------

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts: (siehe beigefügte Skizze)

Länge	180, 90, 22,5 m 22,5 m	Kellergeschoß	1
Breite	105, 37,5, 7,5 m 7,5 m	Geschoßzahl über OK	1
Fläche	22.612 m ²	Bühnen	1
Dachhöhe	8; 11,28 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Werkhalle
Erweiterungsanbau

Achsen P' - L'; 22 - 46
L' - O.; 34 - 46

Gesamtfläche je Geschoß: 22.904 m²
 ../. Abzüge: 292 m² (aus Teilunterkellerung)
 Summe: 22.612 m²

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 22.612 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_V + A_h \cdot k_f$

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_V	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Erdgeschoß	-		7 m x 6,7 m = (7 m x 3 m) x 4 = 667,5 m x 1 m =	46,9 84,0 667,5	$\frac{798,4}{22.612}$
					0,0353

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
 Größe: - Anzahl: -
 äquivalente Öffnungsfläche: -

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 09/11/025	Blatt-Nr. 4
-------------------------	--------------------------	----------------

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: nur in den Feldern 31/32 und 41/42

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 3 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 110 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung

Der überwiegende Teil der Brandlast liegt im Südtrakt der Halle (Feld 11, 13, 14, teilweise 23) sowie in der Kunststoffspritzerei (Feld 34) und der Endmontage (Feld 41,42).

Forschung DIN 18 230		Code-Nummer 09/11/025										Blatt-Nr. 5 a
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge	Masse	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H _u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q _i [kWh]	Abbrand- faktor m _i [1]	Kombina- tionsbei- wert U _i [1]	Bewertete Brandlast Q _i · m _i · U _i [kWh]
Erdg.	Holz aus Montagebän- dern u.-tischen, Transportwagen, Liefer- brettchen, Kisten Büromöbel	fest					82.582	4,8	396.394	1,0	1,0	396.394
	Packpapier, lose	fest					1.100	4,2	4.620	1,0	1,0	4.620
	Packpapier (Stapel und Rollen)	fest					6.910	4,2	29.022	0,2	1,0	5.804
	Wellpappe aus Ver- packungen	fest					28.785	4,4	126.654	0,7 ⁺	1,0	88.658
	Kunststoffe: Polyvinylchlorid	fest					11.541	5,2	60.013	0,2 ⁺	1,0	12.003
	Polystyrol	fest					21.527	11,0	236.797	0,8 ⁺	1,0	189.438
	Polyacetale (POM)	fest					94.522	4,8	453.706	1,0 ⁺	1,0	453.706
	Polyamid	fest					8.939	8,8	78.663	0,8 ⁺	1,0	62.930
	ABS-Polymere	fest					7.414	10,0	74.140	0,8 ⁺	1,0	59.312
	Polymethylmetacry- lat	fest					4.042	7,4	29.911	0,7 ⁺	1,0	20.938
	Polyäthylen	fest					24.767	12,2	302.157	0,8	1,0	241.726
	Cycoclac	fest					1.000	ca.6,0	6.000	1,0 ⁺	1,0	6.000
	Maschinen- bzw. Kühlöle	flüssig					5.380	13,6	73.168	0,4 ⁺	1,0	29.267
	diverse brennbare Flüssigk. (z.B. Freon, Per)	flüssig					2.900	11,5	33.350	0,5 ⁺	1,0	16.675
+) vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.									1.904.595 : 22.612			1.587.471 : 22.612
									= 84,23 kWh/m ²			= 70,20 kWh/m ¹

Forschung DIN 18 230		Code-Nummer 09/11/025										Blatt-Nr. 5 b
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge	Masse	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H _u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q _i [kWh]	Abbrand- faktor m _i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ _i [1]	Bewertete Brandlast Q _i ·m _i ·ψ _i [kWh]
Erdg. Feld 11	Holz aus Zwischen- bühne, Transportwa- gen, Paletten	fest				600	17.490	4,8	83.952	1,0	1,0	83.952
	Packpapier (Stapel)	fest					4.000	4,2	16.800	0,2	1,0	3.360
	Verpackungsmaterial (Wellpappe)	fest					21.624	4,4	95.146	0,7 ⁺)	1,0	66.602
	PVC aus Kabeln	fest					3.550	5,2	18.460	0,2 ⁺)	1,0	3.692
	Styropor-Verpackung (Polystyrol-Schaum)	fest					5.040	11,0	55.440	0,8	1,0	44.352
	Kunststoffe aus fer- tigen Geräten, Poly- acetale (POM)	fest					19.958	4,8	95.798	1,0 ⁺)	1,0	95.798
	Polyamid	fest					4.277	8,8	37.638	0,8 ⁺)	1,0	30.110
	Polyvinylchlorid	fest					1.426	5,2	7.415	0,2 ⁺)	1,0	1.483
	ABS-Polymere	fest					1.426	10,0	14.260	0,8 ⁺)	1,0	11.408
	Polymethylmetacrylat	fest					855	7,4	6.327	0,7 ⁺)	1,0	4.429
	Polystyrol (SAN)	fest					570	11,0	6.270	0,8 ⁺)	1,0	5.016
									437.505 : 1.384			350.203 : 1.384
									= 316 kWh/m ²			253,03 kWh/m ²
	+) vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.											

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge	Masse	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H _u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q _i [kWh]	Abbrand- faktor m _i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ _i [1]	Bewertete Brandlast Q _i · m _i · ψ _i [kWh]
Erdg. Feld 13 u.14	Holz aus Zwischenbüh- nen, Paletten, Regalen	fest					26.078	4,8	125.174	1,0	1,0	125.174
	Kisten											
	Packpapier (in Rollen)	fest					1.600	4,2	6.720	0,2	1,0	1.344
	Verpackungsmaterial (Wellpappe)	fest					3.931	4,4	17.296	0,7 ⁺	1,0	12.107
	Kunststoffe aus Ein- zelteilen, Drahtisolie- rungen u. Granulaten:											
	Polyäthylen	fest					24.617	12,2	300.327	0,8 ⁺	1,0	240.262
	Polystyrol (SAN)	fest					3.961	11,0	43.571	0,8 ⁺	1,0	34.857
	Polymethylmetacry- lat	fest					2.547	7,4	18.848	0,7 ⁺	1,0	13.194
	Polyacetale (POM)						50.777	4,8	243.730	1,0 ⁺	1,0	243.730
	ABS-Polymere						3.500	10,0	35.000	0,8 ⁺	1,0	28.000
	Polyvinylchlorid						4.638	5,2	24.118	0,2 ⁺	1,0	4.824
	Polyamid						1.000	8,8	8.800	0,8 ⁺	1,0	7.040
									823.585 : 2.794			710.532 : 274
									= 294,76 kWh/m ²			= 254,31 kWh/m ²
	Aus dem Gebäude braucht keine Brandlast berücksichtigt zu werden.											
	+) Vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.											

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\sum Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\sum Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Fertigungshalle	1.587.471	22.612	70,20
Summe	1.587.471	22.612	70,20

2.7. Bestimmung der bewerteten Brandbelastung

Wärmeabzugsfaktor $w = 2,2$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \sum Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{2,2 \times 1.587.471}{22.612} = 154,45 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen Faktoren

Umrechnungsfaktor $c = 0,2$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	f-Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	f _{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	f ₄ = 2,00	f _{nb} = 1,0
SK _B 3	f ₃ = 2,00	f _{nb} = 1,0
SK _B 2	f ₂ = 1,65	
SK _B 1	f ₁ = 1,35	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\ddot{a}} = c \cdot q_r = 0,2 \times 154 = 31 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\ddot{a}} \cdot f \cdot f_{nb} = t_{\ddot{a}} \cdot f_4 \cdot 1,0 = 31 \times 2,0 \times 1,00 = 62 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\ddot{a}} \cdot f_3 \cdot f_{nb} = 31 \times 2,0 \times 1,00 = 62 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\ddot{a}} \cdot f_2 \cdot f_{nb} = 31 \times 1,65 \times 1,00 = 51 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\ddot{a}} \cdot f_1 \cdot f_{nb} = 31 \times 1,35 \times 1,00 = 42 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i' \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i' \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Erdgeschoß, Feld 11	350.203	1.384	253,03
Summe	350.203	1.384	253,03

2.7. Bestimmung der bewerteten BrandbelastungWärmeabzugsfaktor $w' = 1,5$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r' = \frac{w' \cdot \Sigma Q_i' \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{1,5 \times 350.203}{1.384} = 379,55 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen FaktorenUmrechnungsfaktor $c = 0,2$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4' = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3' = 1,15$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 2	$\gamma_2' = 0,85$	
SK _B 1	$\gamma_1' = 0,6$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_a' = c \cdot q_r' = 0,2 \times 379,55 = 76 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F' &= t_a' \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_a' \cdot \gamma_4' \cdot 1,0 = 76 \times 1,8 &= 137 & [\text{min}] \\ &= t_a' \cdot \gamma_3' \cdot \gamma_{nb} = 76 \times 1,15 &= 87 & [\text{min}] \\ &= t_a' \cdot \gamma_2' \cdot \gamma_{nb} = 76 \times 0,85 &= 74 & [\text{min}] \\ &= t_a' \cdot \gamma_1' \cdot \gamma_{nb} = 76 \times 0,6 &= 46 & [\text{min}] \end{aligned}$$

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\sum Q_i' \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\sum Q_i' \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Teile-Lager (Feld 13,14;süd- licher Hallenteil)	710.532	2.794	254,31
Summe	710.532	2.794	254,31

2.7. Bestimmung der bewerteten BrandbelastungWärmeabzugsfaktor $w' = 1,5$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r' = \frac{w' \cdot \sum Q_i' \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{1,5 \times 710.532}{2.794} = 381,46 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen FaktorenUmrechnungsfaktor $c = 0,2$

(nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4' = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3' = 1,3$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 2	$\gamma_2' = 1,00$	
SK _B 1	$\gamma_1' = 0,70$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_a' = c \cdot q_r' = 0,2 \times 381 = 76 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F' = t_a' \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} &= t_a' \cdot \gamma_4' \cdot 1,0 = 76 \times 1,8 = 137 \quad [\text{min}] \\ &= t_a' \cdot \gamma_3' \cdot \gamma_{nb} = 76 \times 1,3 = 99 \quad [\text{min}] \\ &= t_a' \cdot \gamma_2' \cdot \gamma_{nb} = 76 \times 1,0 = 76 \quad [\text{min}] \\ &= t_a' \cdot \gamma_1' \cdot \gamma_{nb} = 76 \times 0,7 = 69 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 09/11/025	Blatt-Nr. 7
-------------------------	--------------------------	----------------

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile

3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 120 (F 180, 6b und 6c)
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 90 (F 120, 6b und 6c)
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F, T 60 (F, T 90, 6b und 6c)
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F 60 (F 60, 6b und 6c)
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	F 60 (F 60, 6b und 6c)
	Brüstungen	1	W 60 (W 60, 6b und 6c)
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	T 60 (T 60, 6b und 6c)

Bemerkungen:

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 3.300 m^2 zulässig. Die Angaben wurden nicht eingehalten.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 09/11/025	Blatt-Nr. 8
-------------------------	--------------------------	----------------

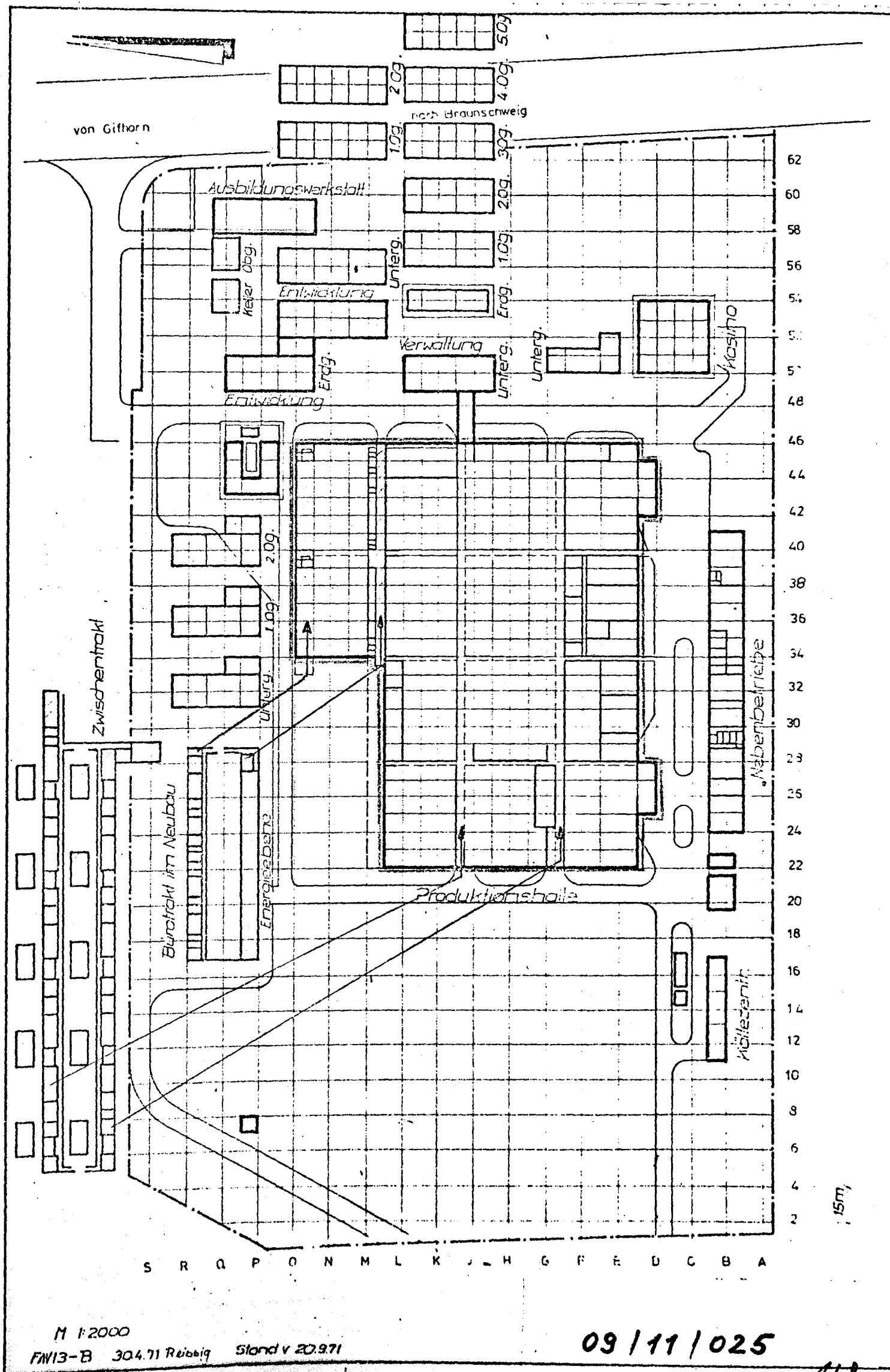
3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile			SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	-	4	-
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	nicht ummantelte Stahlstützen und -träger I PBl 240, I PB 240, I PB 340, I PB 600	3	< F 30
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuer-schutzabschl.	-	2	-
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	Dachtragwerk: Stahl-Fachwerkbinderkonstruktion aus U 100 und Winkelstahl 80 mm x 80 mm bzw. 50 mm x 50 mm mit Sickenblech "Tektal"-Dachdeckung	1	< F 30
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	Stahlbetonfertigteilelemente 7,5 m x 1,3 m x 0,15 m, in Verbindung mit Stahlstützen	1	< F 30
	Brüstungen	-	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	-	1	-

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbünde, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.



Feuermelderplan

□ Feuermelder

Schleife

Verwaltung 1

Kasino 2

Energiegebäude 3

Halle außen Süd 4

Halle innen Süd 5

Halle innen Mitte 6

Halle innen Nord 7

Halle außen Nord 8

Halle Büro 9

Entwicklung Nord 10

Entwicklung Mitte 11

Entwicklung Süd 12

Ausbildungswerkst. 13

Sprinklergr. 1 TE I Treppenh. 14

Sprinklergr. 2 TE II 15

Sprinklergr. 3 Feld 31 16

Sprinklergr. 4 Feld 32 17

Sprinklergr. 5 Feld 41 18

Sprinklergr. 6 Feld 42 19

Hauptfeuermelder

von Braunschweig

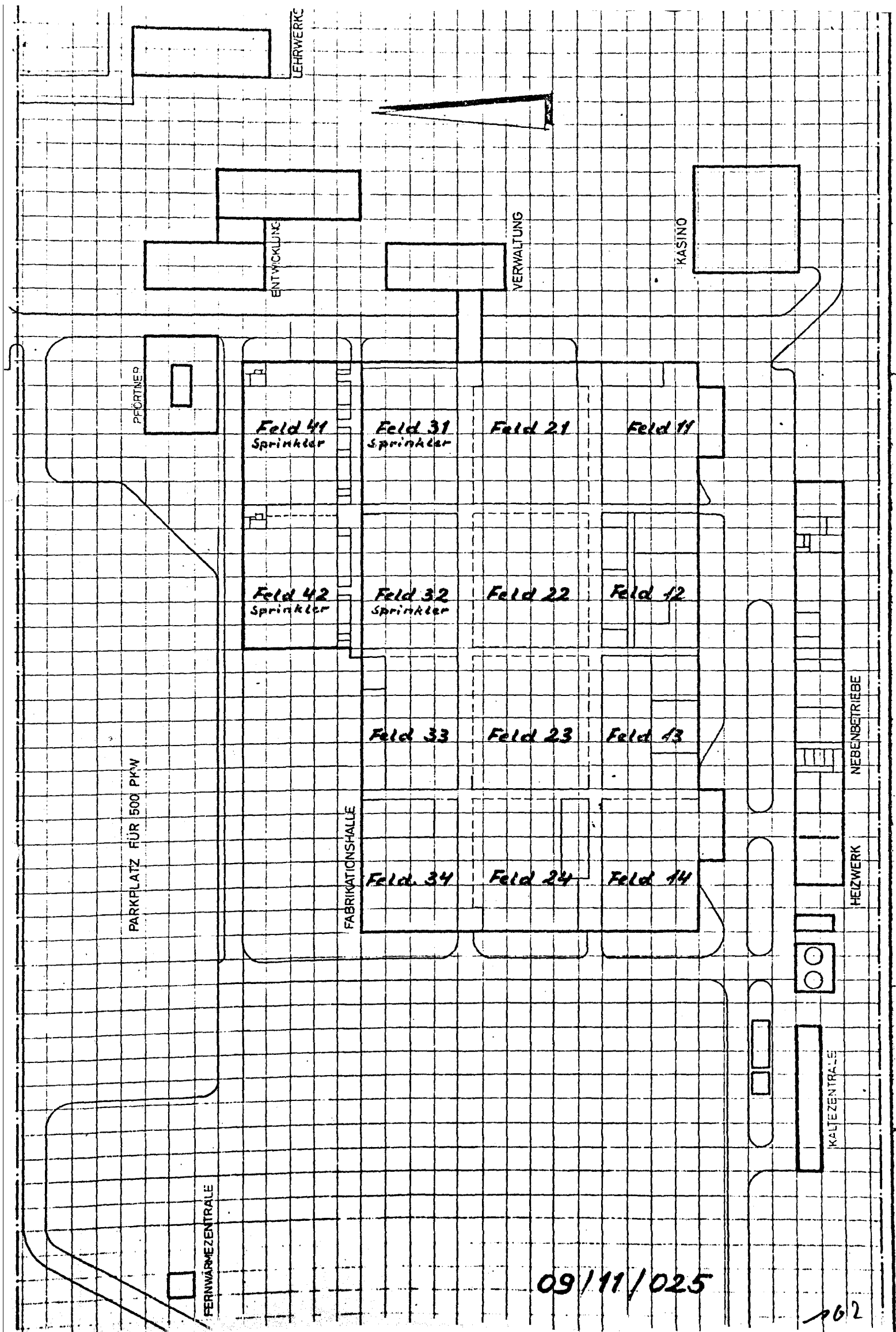
nach Gilhorn

Ausgabe 4

N1:2000 11.4.72 R. W.

09/11/025

167



1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Dreigeschossiges Fabrikationsgebäude mit im Erdgeschoß angebautem Lager für Fertigerzeugnisse.

Der Brandabschnitt wird in allen drei Ebenen allseitig von Außenwänden aus 125 mm dicken Gasbetonplatten begrenzt.

1.2. Gebäudenutzung

Das Gebäude, das zu einem großen Teil mit Maschinenanlagen belegt ist, wird zur Weiterverarbeitung (Veredelung) von Zucker genutzt.

Innerhalb des Brandabschnitts sind etwa 5 Personen je Schicht ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschößzahl

Das Gebäude hat in den einzelnen Geschossen die Abmessungen von

Erdgeschoß:	54,85 m x 25,0 m	=	1.371 m ²
1. Obergeschoß:	29,60 m x 25,0 m	=	740 m ²
2. Obergeschoß:	19,90 m x 15,5 m	=	308 m ²
			<hr/>
			2.419 m ²

Das Gebäude hat bei 3 anrechenbaren Geschossen über OK eine Höhe von etwa 12 m.

1.4. Funktion

Das von anderen Firmen bezogene Ausgangsmaterial Zucker wird im Zuckervorratsbunker (Fassungsvermögen 80 t), der im 1. und 2. Obergeschoß aufgebaut ist, gelagert. Nach Bedarf wird Zucker in der im 1. Obergeschoß aufgebauten Instantanlage unter Beigabe von verschiedenen Geschmacksstoffen (z. B. Citrus-, Hibiscus-, Orangengeschmack) zu Instant-Zucker verarbeitet. Das im 1. Obergeschoß hergestellte Produkt wird im Erdgeschoß abgepackt und anschließend im angrenzenden Lager bis zum Versand zwischengelagert.

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe beigefügte Skizze)

Das gesamte Gebäude ist in den tragenden Teilen als eine nicht ummantelte Stahlskelett-Konstruktion errichtet. Die Stahlkonstruktion ist im eingeschossigen Lagerteil im Raster von 4,25 m x 5 m und im dreigeschossigen Fertigungstrakt im Raster 4,85 m x 5 m aufgebaut.

Die im Lager nach o. g. Raster errichteten, etwa 4 m hohen Stützen sind Stahlstützen I PE 140, I PE 230 und I PE 240, die - verbunden mit Stahlträgern I PE 360, I PE 300 und I PE 100 - das Rahmentragwerk für das Dach bilden. Das Dach besteht aus 125 mm dicken Gasbetonplatten, die auf das Rahmentragwerk aufgelegt sind, und einer entsprechenden Dachhaut. Die Umfassungswände des Lagerteils bestehen ebenfalls aus 125 mm dicken Gasbetonplatten, die an den Stahlstützen befestigt sind. In beiden Längsseiten ist je 1 Rolltor von 4,50 m Breite und 4,00 m Höhe eingebaut, zusätzlich ist auf der einen Seite noch eine Tür von 1 m x 2 m eingebaut.

Das Lager ist vom dreigeschossigen Fertigungstrakt durch eine etwa 30 cm dicke gemauerte Wand, in die zwei Stahlschiebetore von 4 m Höhe und 3,5 m Breite (1 Tor mit Schlupftür 2 m x 1 m, T 30) eingebaut sind, getrennt.

Im Erdgeschoß des Fertigungstrakts sind etwa 3,75 m hohe Stahlstützen I 240, I PB 180 und I PB 220 im o. g. Rastermaß errichtet. Über die Stützen spannen sich in Längs- und Querrichtung Stahlträger I PE 250 und I PE 300. Die Geschoßdecke ist eine etwa 150 mm dicke Stahlbetondecke, die auf den Stahlträgern aufliegt und an den für die Maschinenanlagen benötigten Stellen mit entsprechenden Durchbrüchen versehen ist.

Im 1. Obergeschoß sind über den Stützen des Erdgeschosses 3,5 m bzw. 2,85 m hohe Stahlstützen I PE 140, I PE 180 und I PB 240 errichtet. Nach den statischen Erfordernissen verlaufen in Längs- und Querrichtung über den Stützen Stahlträger I PE 360, I PE 300, I PE 260, I PE 220 und I PE 100. Die auf den Stahlträgern aufliegende Decke ist teilweise als Stahlbetondecke und teilweise als Holzfußboden mit unterseitiger Gipskartonplattenbekleidung ausgeführt.

Das 2. Obergeschoß besteht aus 3,5 m hohen Stahlstützen I PB 140 und I PB 160. Über den Stützen verlaufen längs und quer Stahlträger I PB 100, I PE 200 und I PE 250. Die Stahlträger dienen als Auflager für das Dach, das aus 125 mm dicken Gasbetonplatten mit einer entsprechenden Dachhaut besteht.

Die Außenwände des Brandabschnitts bestehen am gesamten Bauwerk aus 125 mm dicken Gasbetonplatten, die an den Stahlstützen befestigt sind.

Innenausbau

Im Innenausbau sind im Erdgeschoß der Wiegeraum, im 1. Obergeschoß der Raum der elektrischen Anlagen und der Instant-Anlage, im 2. Obergeschoß ein Raum für Akten durch 11,5 cm dicke Kalksandsteinwände abgeteilt. Außerdem ist die Betriebswerkstatt durch Leichtbauwände von der Fertigung getrennt.

Das westseitig gelegene Treppenhaus vom Erdgeschoß zum 1. OG ist in feuerbeständiger Ausführung errichtet. Der Feuerschutzabschluß ist T 90.

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts:

Länge	54,85; 29,60; 19,90 m	Kellergeschoß	-
Breite	25; 25; 15,5 m	Geschoßzahl über OK	3
Fläche	2.419 m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	ca. 12 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Fabrikationsgebäude und
LagerAchsen A - F
1' - 13Gesamtfläche je Geschoß: $1.371 \text{ m}^2 + 740 \text{ m}^2 + 308 \text{ m}^2 = 2.419,00 \text{ m}^2$./. Abzüge: (Treppenh. Erdg., 1.OG u. Aufzug) $24,75 \text{ m}^2$ Summe: $2.394,25 \text{ m}^2$ Rechnerische Brandabschnittsfläche: 2.394 m^2 2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_v + A_h \cdot k_f$
(siehe beigefügte Skizze)

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_v	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Erdg. Lager	-	-	(4,5 m x 4 m) x 2 15 m x 0,75 m	= = 36,00 11,25	
Erdg. Fertigung			(1 m x 2 m) x 35 m 1 m x 3,5 m 5 m x 3,5 m	= = = 70,00 3,00 17,50	197,55
1. OG			(1,3 m x 1 m) x 35	= 45,50	2.394
2. OG			(1,3 m x 1 m) x 11	= 14,3	
					0,0825

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
 Größe: - Anzahl: -
 äquivalente Öffnungsfläche: -

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 10/11/026	Blatt-Nr. 4
-------------------------	--------------------------	----------------

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: -

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 4 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 60 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung

Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge Stck.	Masse kg/Stck.	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H_u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q_i [kWh]	Abbrand- faktor m_i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ_i [1]	Bewertete Brandlast $Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]
Erdg.	Holz aus Paletten	fest	68	20			1.360	4,8	6.528	1,0	1,0	6.528
	Verpackungsmaterial (Wellpappe)	fest					18.922	4,4	83.257	0,7 ⁺)	1,0	58.280
	Stärkemehl	fest					1.200	4,3	5.160	0,7 ⁺)	1,0	3.612
	Dextrose	fest					4.534	4,5	20.403	1,0 ⁺)	1,0	20.403
	Kakao u. kakaohaltige Fabrikate	fest					2.165	5,6	12.124	0,7 ⁺)	1,0	8.487
	Instant-Getränkepulv.	fest					7.052	4,3	30.324	0,7 ⁺)	1,0	21.227
	Milchpulver	fest					1.310	4,4	5.764	0,7 ⁺)	1,0	4.035
Lager	Holz aus Paletten	fest					9.800	4,8	47.040	1,0	1,0	47.040
	Verpackungsmaterial (Wellpappe)	fest					22.120	4,4	97.328	0,7 ⁺)	1,0	68.130
	Maisstärke	fest					2.000	4,3	8.600	0,7 ⁺)	1,0	6.020
	Kakao u. kakaohaltige Fabrikate	fest					6.000	5,6	33.600	0,7 ⁺)	1,0	23.520
	Instant-Getränkepulv.	fest					134.645	4,3	578.973	0,7 ⁺)	1,0	405.281
	Aromastoffe	fest					100	~ 4,3	430	0,7 ⁺)	1,0	301
	Schwarzer Tee	fest					1.270	5,0	6.350	0,7 ⁺)	1,0	4.445
	Papier	fest					1.000	4,2	4.200	1,0	1,0	4.200
Lsg	Polyäthylenfolie	fest					2.464	12,2	30.061	0,8 ⁺)	1,0	24.049

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge Stck.	Masse kg/Stck.	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H_u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q_i [kWh]	Abbrand- faktor m_i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ_i [1]	Bewertete Brandlast $Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]
1. OG	PVC-Bänder	fest					200	5,2	1.040	0,2 ⁺	1,0	208
	Holz aus Paletten, Fußböden, Verpackg.	fest					4.010	4,8	19.248	1,0	1,0	19.248
	Verpackungsmaterial (Wellpappe)	fest					70	4,4	308	0,7 ⁺	1,0	216
	Instant-Getränkepulv.	fest					1.270	4,3	5.461	0,7 ⁺	1,0	3.823
	Dextrose/Glukose	fest					22.425	4,5	100.912	1,0 ⁺	1,0	100.912
	Aromastoffe	fest					1.130	ca. 4,3	4.859	0,7 ⁺	1,0	3.401
	Orangenbasispulver	fest					3.130	ca. 4,3	13.459	0,7 ⁺	1,0	9.421
	Hibiscuspulver	fest					2.860	ca. 5,0	14.300	0,7 ⁺	1,0	10.010
	Lemonenfruchtpulver	fest					737	ca. 4,3	3.169	0,7 ⁺	1,0	2.218
	Zitronensäure	fest					6.475	ca. 4,3	27.842	0,7 ⁺	1,0	19.489
	Schwarzer Tee	fest					1.280	5,0	6.400	0,7 ⁺	1,0	4.480
	Kakao	fest					300	5,6	1.680	0,7 ⁺	1,0	1.176
	Milchzucker	fest					212	4,7	996	1,0 ⁺	1,0	996
	Milchmixgetränkepulv.	fest					977	4,3	4.201	1,0 ⁺	1,0	4.201
	Milchpulver	fest					400	4,4	1.760	0,7 ⁺	1,0	1.232

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge	Masse	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H _u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q _i [kWh]	Abbrand- faktor m _i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ _i [1]	Bewertete Brandlast Q _i ·m _i ·ψ _i [kWh]
2.OG	Holz aus Fußboden, Verpackung u. Zucker- bunker	fest					2.590	4,8	12.432	1,0	1,0	12.432
	Papier aus Akten	fest					2.304	3,8	8.755	0,2	1,0	1.751
	Zucker	fest					80.000	4,8	384.000	1,0 ⁺⁾	1,0	384.000
	Wellpappe	fest					18	4,4	80	0,7 ⁺⁾	1,0	56
	Polypropylen	fest					21	12,6	265	0,8 ⁺⁾	1,0	212
	Stoffe (Filter)	fest					150	4,3	645	0,4	1,0	258
									.581.954 : 2.394			1.285.298 : 2394
								=	660,80 kWh/m ²			536,88 kWh/m ²
	+) Vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.											

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Erdgeschoß	122.572	} 2.394	536,88
Lager	583.194		
1. Obergeschoß	180.823		
2. Obergeschoß	398.709		
Summe	1.285.298	2.394	536,88

2.7. Bestimmung der bewerteten Brandbelastung

Wärmeabzugsfaktor $w = 1,5$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{1,5 \times 1.285.298}{2.394} = 805,32 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen Faktoren

Umrechnungsfaktor $c = 0,25$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,45$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 2	$\gamma_2 = 1,15$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 0,80$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_a = c \cdot q_r = 0,25 \times 805,32 = 201 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_a \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_a \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 201 \times 1,8 \times 1,0 = 362 \quad [\text{min}] \\ &= t_a \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 201 \times 1,45 \times 1,0 = 291 \quad [\text{min}] \\ &= t_a \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 201 \times 1,15 \times 1,0 = 231 \quad [\text{min}] \\ &= t_a \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 201 \times 0,8 \times 1,0 = 161 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 120
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 90 T 90
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F 60
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	F 60
	Brüstungen	1	W 60
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	T 60

Bemerkungen:

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von zulässig. Die Angaben wurden nicht eingehalten.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 10/11/026	Blatt-Nr. 8
-------------------------	--------------------------	----------------

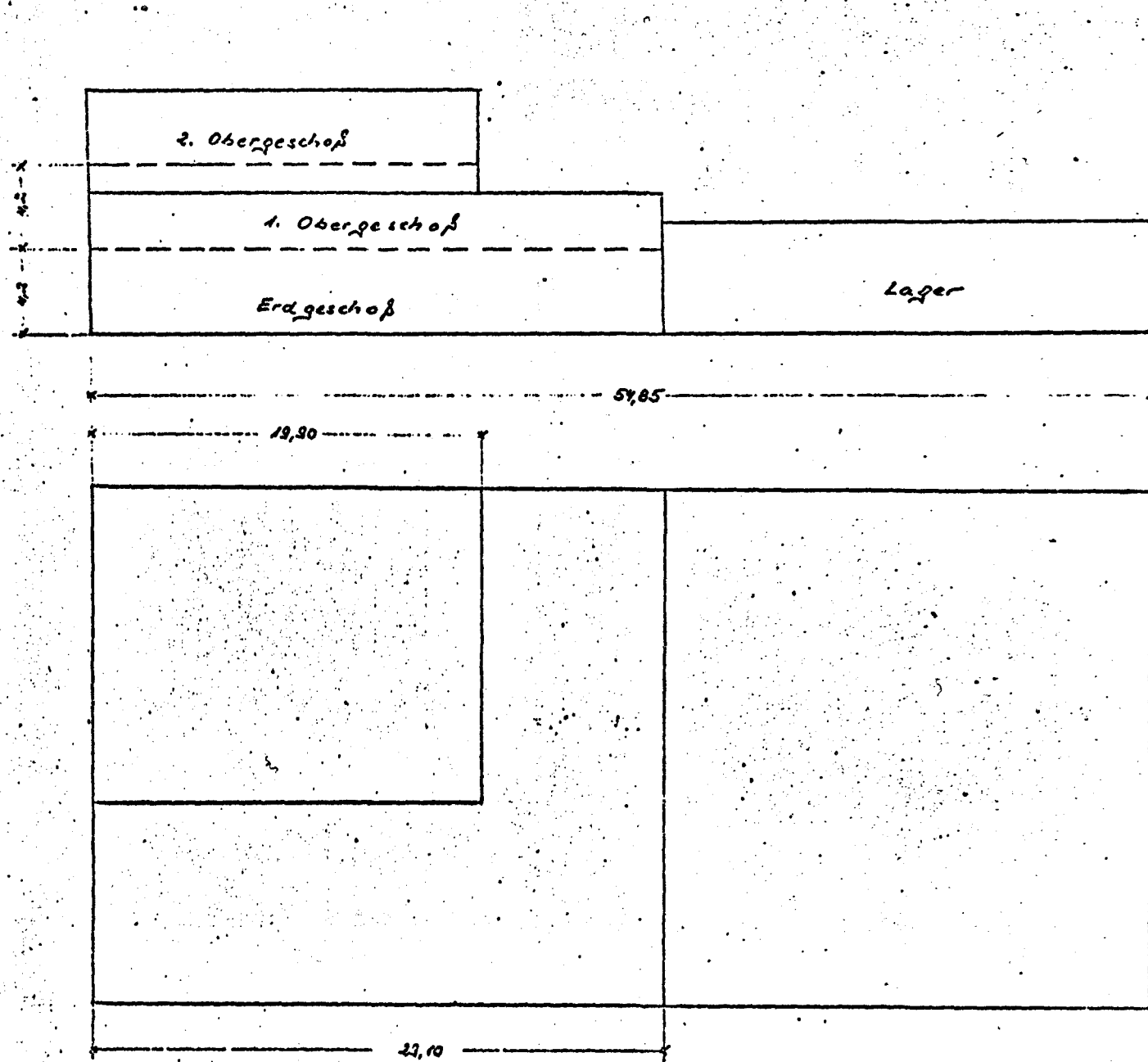
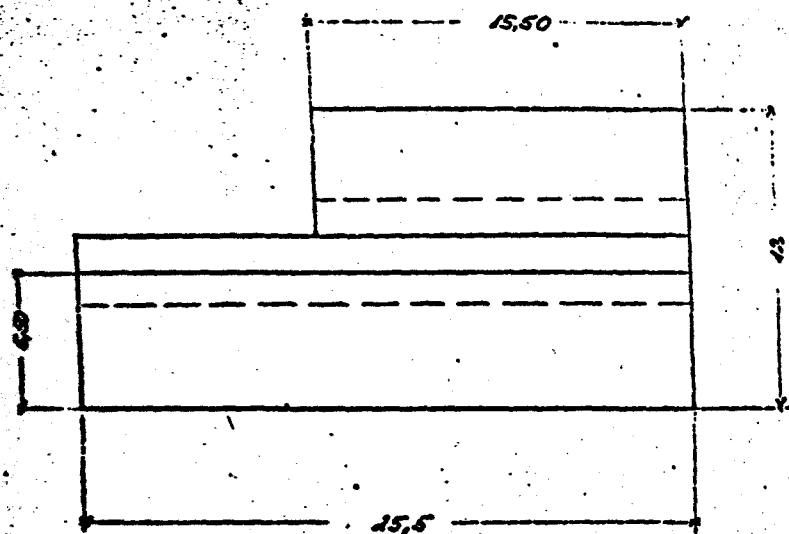
3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile			SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	-	4	-
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	nicht ummantelte Stahlstützen u.-träger I PE 140; I PE 230; I PE 240 (Lager), I PB 180; I PB 220; I 240 (Erdgesch.), I PE 140; I PE 230; I PB 140; I PB 240 (1.u.2.OG), I PB 100; I PE 200; I PE 250 (Dachtr.w.)	3	< F 30
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuer-schutzabschl.	Mauerwerk, 30 cm (Trennwand) mit 2 Stahlschiebetoren Stahlbetondecken mit teilw.großen Öff-nungen, Holzbalkendecke/teilw.)	2	< F 180 < T 30 < F 30 (wegen Auflager)
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	-	1	-
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	Gasbetonplatten, 125 mm dick, in Verbindung mit Stahlstützen	1	< F 30
	Brüstungen	-	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	1 Schlupftür 1 FB-Tür (Treppenh.)	1	T 30 T 90

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.



1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Fertigungshalle zur Verarbeitung thermoplastischer Kunststoffe im Großbehälterbau. Der gesamte Brandabschnitt wird von Außenwänden begrenzt.

1.2. Gebäudenutzung

Das Gebäude wird als Fertigungshalle zur Verarbeitung thermoplastischer Kunststoffe genutzt. Aus den Kunststoff-Rohmaterialien (PE, PP, PVC), die als Halbzeug vorliegen, werden Großbehälter, Flansche und andere Kunststoffgeräte nach Zeichnung hergestellt.

In der Halle sind 23 Personen ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschoßzahl

Das Gebäude ist ebenerdig und hat Außenabmessungen von

$$50 \text{ m} \times 26 \text{ m} = 1.300 \text{ m}^2$$

1.4. Funktion

Die aus dem getrennt liegenden bzw. halleninternen Lager angeforderten Rohmaterialien, wie Platten verschiedener Dicken und Größen und Rundmaterialien aus Polyäthylen, Polypropylen und Polyvinylchlorid, werden in der Fertigungshalle an Einzelarbeitsplätzen zu Großbehältern, Flanschen und anderen Gegenständen verarbeitet, die im Kundenauftrag nach Zeichnung gefertigt werden. Dabei wird ein Produkt jeweils an einem Arbeitsplatz vollständig fertiggestellt.

174

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 11/51/027	Blatt-Nr. 2
-------------------------	--------------------------	----------------

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe beigefügte Skizze)

Die Fertigungshalle ist bei einer Länge von 50 m und einer Breite von 26 m als Halle mit flachem Satteldach (Neigung 8°) errichtet.

Die gesamte tragende Konstruktion der Halle besteht aus insg. 8 Stck. ungeschützten Stahlfachwerkrahmen mit je zwei Fußgelenken, die sich in einem Abstand von jeweils 8,35 m quer über die Halle spannen. In Längsrichtung sind die Fachwerkrahmen durch Stahlträger I PB 140 miteinander verbunden. Die bis in Traufhöhe (4 m) reichenden konischen Stützen des Stahlfachwerkrahmens, die auf beiden Längsseiten der Halle verlaufen, bestehen aus \perp -Profilstählen, die zu einer Schweißkonstruktion zusammengefügt sind. Verbunden sind die beiden Stützen jedes Rahmens mit einer Stahlfachwerkkonstruktion, die sich mit dem Dachneigungswinkel von beiden Seiten über die Halle spannt.

Auf der Fachwerkkonstruktion des Satteldaches (Giebelhöhe 5,9 m) liegen als Pfetten je Dachfläche 8 Stck. Stahlträger I 140. Daran ist die Deckung des Daches, bestehend aus Welleternit mit einer darunter liegenden Mineralfaserisolierung, befestigt.

Der Brandabschnitt wird durch etwa 1,6 m hohes Mauerwerk begrenzt, mit dem die Abstände zwischen den Stützen der Stahlfachwerkrahmen ausgefacht sind. Die darüber befindliche Fläche ist bis in Traufhöhe mit Drahtglas verglast.

Innenausbau

Im Halleninneren sind einige Räume (Sanitär- und Belegschaftsräume) durch leichte Trennwände abgemauert. Die Lage der Trennwände ist aus der beigefügten Skizze ersichtlich.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 11/51/027	Blatt-Nr. 3
-------------------------	--------------------------	----------------

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts: (siehe beigefügte Skizze)

Länge	50 m	Kellergeschoß	-
Breite	26 m	Geschoßzahl über OK	1
Fläche	1.300 m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	5,9 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Fertigungshalle

Achsen -

Gesamtfläche je Geschoß: 1.300 m²
 ./.. Abzüge: 36 m²
 Summe: 1.264 m²

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 1.264 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_v + A_h \cdot k_f$ (siehe beigefügte Skizze)

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_v	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Erdg.	-	-	(3,46 m x 4 m) x 2 1 m x 2 m	= 27,68 = 2,00	$\frac{29,68}{1.264}$
					0,023

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
 Größe: - Anzahl: -
 äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: -

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 4 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 30 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung

Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.

774

<http://publikationsserver.tu-braunschweig.de/get/64731>

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Fertigungshalle	63.906	1.264	50,55
Summe	63.906	1.264	50,55

2.7. Bestimmung der bewerteten Brandbelastung

Wärmeabzugsfaktor $w = 2,2$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{2,2 \times 63.906}{1.264} = 111,21 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen Faktoren

Umrechnungsfaktor $c = 0,2$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	f-Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	f _{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	f ₄ = 1,8	f _{nb} = 1,0
SK _B 3	f ₃ = 1,15	f _{nb} = 1,0
SK _B 2	f ₂ = 0,85	
SK _B 1	f ₁ = 0,60	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\ddot{a}} = c \cdot q_r = 0,2 \times 111,21 = 22,24 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned}
 \text{erf } F &= t_{\ddot{a}} \cdot f \cdot f_{nb} = t_{\ddot{a}} \cdot f_4 \cdot 1,0 = 22,24 \times 1,8 \times 1,0 = 40 \quad [\text{min}] \\
 &= t_{\ddot{a}} \cdot f_3 \cdot f_{nb} = 22,24 \times 1,15 \times 1,0 = 26 \quad [\text{min}] \\
 &= t_{\ddot{a}} \cdot f_2 \cdot f_{nb} = 22,24 \times 0,85 \times 1,0 = 19 \quad [\text{min}] \\
 &= t_{\ddot{a}} \cdot f_1 \cdot f_{nb} = 22,24 \times 0,6 \times 1,0 = 13 \quad [\text{min}]
 \end{aligned}$$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile

3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 60
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 30
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 30 T 30
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	keine Anforderungen
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	keine Anforderungen
	Brüstungen	1	keine Anforderungen
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	keine Anforderungen

Bemerkungen:

Eine Befreiung von den obigen Anforderungen ist für den untersuchten Gebäudeteil zulässig, sofern die erforderliche Dachentlüftung bis zu 3 % nach Anlage 3 der Norm angebracht wird.

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 10.000 m^2 zulässig. Die Angaben wurden eingehalten.

Forschung DTN 18 230	Code-Nummer 11/51/027	Blatt-Nr. 8
-------------------------	--------------------------	----------------

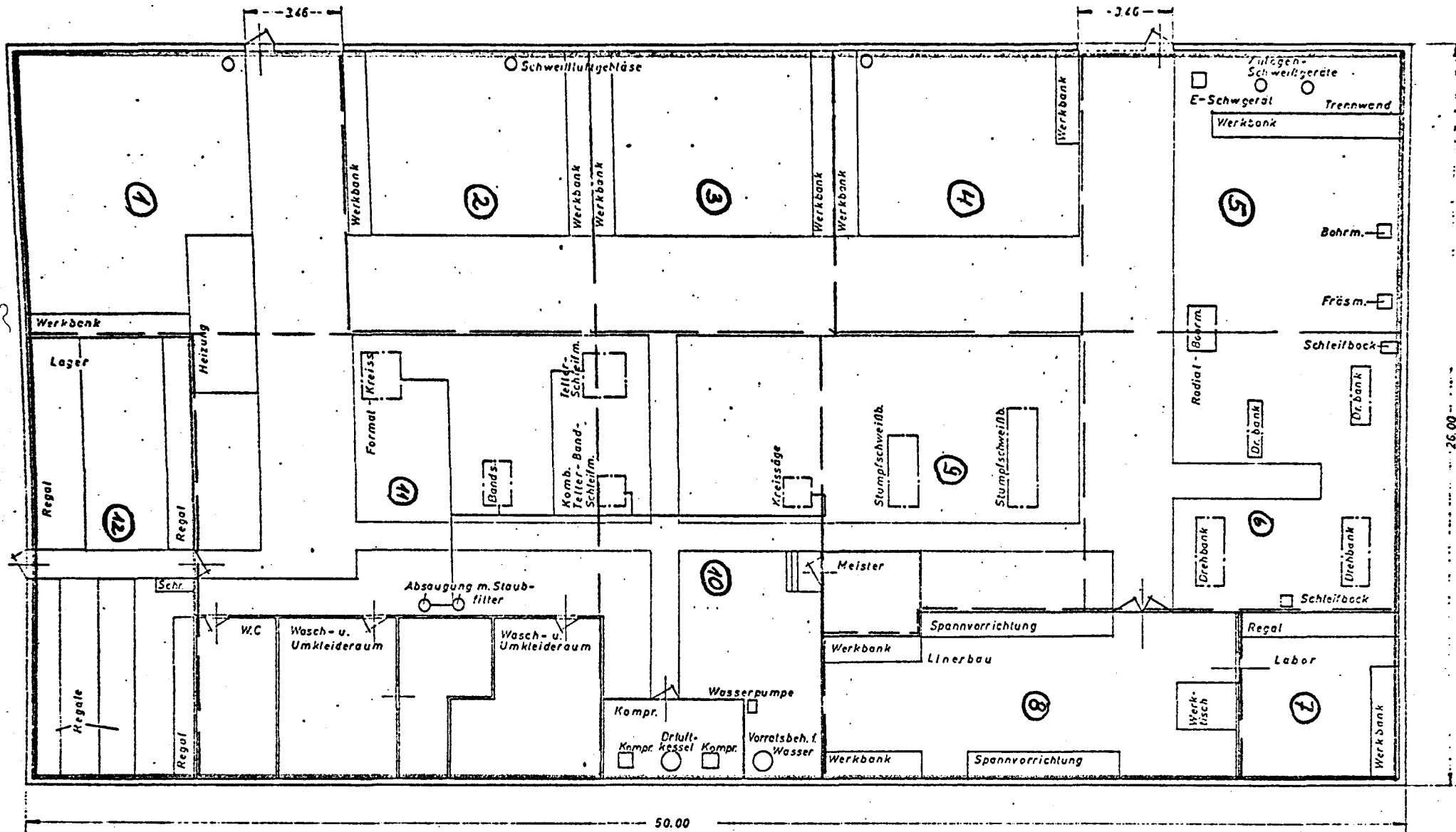
3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile		SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DTN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	4	-
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	3	< F 30
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuerschutzabschl.	2	-
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	< F 30
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	~ F 30
	Brüstungen	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	1	-

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.



Traufenhöhe: 4.00 m

Giebelhöhe: 5.90 m

1 - 12 = Aufteilung der Halle
zur Brandlastenerfassung

Index	Änderung		Datum	Name
1975	Datum	Name		
Geg.	29.9.	Ust.		
Geprüft				
Norm exp.				
Maßstab:	Werkstoff	Gewicht	Zeichnungs-Nr.	
1:100		roh fertig	D33-990-003	
Grundriß Halle I			Erfasst durch:	

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Fertigungshalle zur Verarbeitung ungesättigter Polyesterharze.
Der gesamte Brandabschnitt wird von Außenwänden begrenzt.

1.2. Gebäudenutzung

Das Gebäude wird als Fertigungshalle zur Verarbeitung ungesättigter Polyesterharze mit Glasfaserverstärkung genutzt.

In der Halle sind 12 Personen ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschößzahl

Das Gebäude ist ebenerdig und hat Außenabmessungen von
 $50 \text{ m} \times 26 \text{ m} = 1.300 \text{ m}^2$ (Grundrißfläche)

1.4. Funktion

Die aus dem getrennt liegenden Lager angelieferten ungesättigten Polyesterharze "Vestopal" werden in der Halle mit Thermoplast-Linern im Filament-Winding-Verfahren zu GFK-Druckbehältern gewickelt und anschließend lackiert. Außerdem werden Einzelanfertigungen von Werkstücken aus Polyesterharzen mit Glasfaserverstärkung im Handauflegeverfahren hergestellt.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 11/52/028	Blatt-Nr. 2
-------------------------	--------------------------	----------------

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe beigelegte Skizze)

Die Fertigungshalle ist bei einer Länge von 50 m und einer Breite von 26 m als Halle mit flachem Satteldach (Neigung 8°) errichtet.

Die gesamte tragende Konstruktion der Halle besteht aus insgesamt 8 Stück ungeschützten Stahlfachwerkkrahnen mit je zwei Fußgelenken, die sich in einem Abstand von jeweils 8,35 m quer über die Halle spannen. In Längsrichtung sind die Fachwerkkrahnen durch Stahlträger I PB 140 miteinander verbunden. Die bis in Traufhöhe (4 m) reichenden, konischen Stützen des Stahlfachwerkkrahmens, die auf beiden Längsseiten verlaufen, bestehen aus I-Profilstählen, die zu einer Schweißkonstruktion zusammengefügt sind. Verbunden sind die beiden Stützen jedes Rahmens mit einer Stahlfachwerkkonstruktion, die sich mit dem Dach-Neigungs-Winkel von beiden Seiten über die Halle spannt.

Auf der Fachwerkkonstruktion des Satteldaches (Giebelhöhe 5,9 m) liegen als Pfetten je Dachfläche 8 Stück Stahlträger I 140. Daran ist die Deckung des Daches, bestehend aus Welleternit mit einer darunter liegenden Mineralfaserisolierung befestigt.

Die Halle wird begrenzt durch etwa 1,6 m hohes Mauerwerk, mit dem die Abstände zwischen den Stützen der Stahlfachwerkkrahnen ausgefacht sind. Die darüber befindliche Fläche ist bis in Traufhöhe mit Drahtglas verglast.

Innenausbau

Im Halleninnern sind einige Räume (Sanitär- und Belegschaftsräume, Meisterbüro, Trafo-raum) durch leichte Trennwände abgemauert. Die Lage der Trennwände ist aus der beigelegten Skizze ersichtlich.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 11/52/028	Blatt-Nr. 3
-------------------------	--------------------------	----------------

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts: (siehe beigefügte Skizze)

Länge	50 m	Kellergeschoß	-
Breite	26 m	Geschoßzahl über OK	1
Fläche	1.300 m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	5,9 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Fertigungshalle Achsen -

Gesamtfläche je Geschoß: 1.300 m²
 ./.. Abzüge: 60 m² (aus Wänden)
 Summe: 1.240 m²

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 1.240 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_V + A_h \cdot k_f$ (siehe beigefügte Skizze)

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_V	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Erdgeschoß	(5 x 0,125) x 2 =	1,25	(3,5 m x 4 m) x 2 = 1 m x 2 m =	28 2	$\frac{31,25}{1.240}$
					0,025

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
 Größe: - Anzahl: -
 äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: -

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 4 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 30 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung

Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.

Forschung DIN 18 230		Code-Nummer 11/52/028										Blatt-Nr. 5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge	Masse	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H _u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q _i [kWh]	Abbrand- faktor m _i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ _i [1]	Bewertete Brandlast Q _i · m _i · ψ _i [kWh]
Erdg.	Holz aus Werktischen Rosten usw.	fest				6,00	224	4,8	1.075	1,0	1,0	1.075
	Polyäthylen aus Formteilen	fest					99	12,2	1.208	0,8	1,0	966
	Polypropylen aus Formteilen	fest					201	12,6	2.533	0,8 ⁺	1,0	2.026
	PVC aus Rohren und Inlinern	fest					2.598	5,2	13.510	0,2 ⁺	1,0	2.702
	ungesättigte Poly- esterharze (Vestopal)	flüssig					2.520	5,3	13.356	0,7	1,0	9.349
	unges. Polyesterharze mit Glasseide	fest					2.354	5,3	12.476	0,7	1,0	8.733
	Lacke auf DD-Basis	flüssig					83	ca. 7,9	656	1,2 ⁺	1,0	787
	Lack-Verdünnung	flüssig					50	ca. 7,9	395	1,2 ⁺	1,0	474
	Aceton	flüssig					90	ca. 11,4	1.026	1,3 ⁺	1,0	1.334
	Methylenchlorid	flüssig					180	ca. 11,4	2.052	1,2 ⁺	1,0	2.462
	Styrol	flüssig					220	ca. 11,4	2.508	0,8 ⁺	1,0	2.006
	Verpackungen (Well- pappe)	fest					30	4,4	132	0,7 ⁺	1,0	92
									50.927 : 1.240			32.006 : 1.240
								=	41,07 kWh/m ²			= 25,81 kWh/m ²
	Aus dem Gebäude braucht keine Brandlast berücksichtigt zu werden.											
	+) Vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.											

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 11/52/028	Blatt-Nr. 6
-------------------------	--------------------------	----------------

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Fertigungshalle	32.006	1.240	25,81
Summe	32.006	1.240	25,81

2.7. Bestimmung der bewerteten Brandbelastung

Wärmeabzugsfaktor $w = 1,8$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{1,8 \times 32.006}{1.240} = 46,46 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen Faktoren

Umrechnungsfaktor $c = 0,2$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,15$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 2	$\gamma_2 = 0,85$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 0,6$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\bar{a}} = c \cdot q_r = 0,2 \times 46,46 = 9,29 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_{\bar{a}} \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 9 \times 1,8 \times 1,0 = 16 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 9 \times 1,15 \times 1,0 = 10 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 9 \times 0,85 \times 1,0 = 8 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 9 \times 0,6 \times 1,0 = 5 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile

3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 30
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	keine Anforderungen
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	keine Anforderungen
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	keine Anforderungen
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	keine Anforderungen
	Brüstungen	1	keine Anforderungen
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	keine Anforderungen

Bemerkungen:

Eine Befreiung von den obigen Anforderungen ist für den untersuchten Gebäudeteil nach Anlage 3 der Norm zulässig.

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 20.000 m^2 zulässig. Die Angaben wurden eingehalten.

Forschung DTN 18 230	Code-Nummer 11/52/028	Blatt-Nr. 8
-------------------------	--------------------------	----------------

3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile		SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	4	-
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	3	< F 30
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuerschutzabschl.	2	-
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	< F 30
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	~ F 30
	Brüstungen	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	1	-

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Zweigeschossige Lager- und Versand-Halle. Der Brandabschnitt liegt im Erdgeschoß und ist ein Abschnitt der Lager- und Versand-Halle. Er wird an drei Seiten von Außenwänden begrenzt. In östlicher Richtung wird der Brandabschnitt durch 24 cm dickes Mauerwerk (mit Fh-Tür) begrenzt, das drei in die Halle eingebaute Garagen, die als Lagerräume genutzt werden, vom Brandabschnitt trennt.

1.2. Gebäudenutzung

Das Gebäude wird im Erdgeschoß und im 1. Obergeschoß als Lager für Kunststoff-Halbzeuge, Polyesterharze und firmenseitig hergestellte Kunststoffserzeugnisse genutzt. Außerdem sind auf der Westseite des Gebäudes im Erdgeschoß das Zeichenbüro und einige Büroräume untergebracht; im 1. Obergeschoß befinden sich westseitig die Kantinenräume. Innerhalb des Brandabschnitts sind etwa 5 Personen ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschoßzahl

Die Halle hat Abmessungen von

40,60 m x 30,75 m \approx 1.248 m².

Die Halle besteht aus Erdgeschoß und 1. Obergeschoß.

1.4. Funktion

In der Halle werden die werkseitig benötigten Kunststoff-Halbfabrikate wie Platten, Rundmaterialien, Rohre, Fittings, Polyesterharze und Peroxyde (in abgemauerten Kabinen) gelagert. Außerdem werden die hergestellten Güter aus Kunststoffen versandfertig gemacht bzw. zwischengelagert.

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe beigelegte Skizze)

Die Halle ist zweigeschossig; das Tragwerk der Halle ist aus Stahlbeton hergestellt. Im Erdgeschoß sind im Raster von 5 m x 10 m in Längs- bzw. Querrichtung 4 m hohe Stahlbetonstützen errichtet. Die Stützenreihen der Gebäudeaußenseiten haben Abmessungen von 40 cm x 40 cm bzw. 40 cm x 50 cm. Die beiden in der Halle verlaufenden Stützenreihen haben Abmessungen von 65 cm x 40 cm.

Über die Stahlbetonstützen spannen sich in Längsrichtung Stahlbetonträger mit 25 cm Breite und 30 cm Höhe; die in Querrichtung verlaufenden Stahlbetonträger haben Abmessungen von 40 cm Breite und 60 cm Höhe. Auf den Säulen liegt eine Stahlbetondecke von etwa 20 cm Dicke.

Über den Säulen des Erdgeschosses sind im 1. Obergeschoß 4 m hohe Stahlbetonstützen von 40 cm x 40 cm errichtet. Über die Stützen spannen sich in Längsrichtung 40 cm hohe und 30 cm breite Stahlbetonbalken, in Querrichtung verlaufen etwa 75 cm hohe und 40 cm breite Stahlbetonbalken, die nach außen eine flache Dachneigung aufweisen.

Die Dachdeckung besteht aus 5 m langen, 50 cm breiten und 125 mm dicken Gasbetonplatten, die oberseitig mit einer entsprechenden Dachhaut versehen sind.

Die Stahlbetonstützen des Tragwerks sind an den Außenseiten der Halle mit 17,5 cm dickem Mauerwerk und 11,5 cm dickem, vorgemauerten Klinkermauerwerk ausgefacht.

Innenausbau

Erdgeschoß:

Der Bau kann in drei Teile gegliedert werden:

- in einen westlich gelegenen Teil, der bei einer Tiefe von 5 m über die gesamte Hallenbreite verläuft und durch 24 cm dickes Mauerwerk vom Hallenteil getrennt ist. In diesem Teil befinden sich Büroräume sowie der Treppenaufgang.
- in einen östlich gelegenen Teil, der bei einer Tiefe von etwa 8 m fast über die gesamte Hallenbreite verläuft und durch 24 cm dickes Mauerwerk (mit einer eingebauten Fh-Tür) vom Hallenteil getrennt ist. Dieser Teil, der für Garagen konzipiert war, wird als Lagerraum für Polyesterharze genutzt. Außerdem befindet sich im Nordosten noch das zum Obergeschoß führende, feuerbeständig aufgebaute Treppenhaus.
- in den in der Mitte des Baus gelegenen Lager-Hallenteil. Im Südosten sind vom Lagerhallenteil drei Lagerräume, die nur von außen betreten werden können, durch 36 cm dickes Mauerwerk abgeteilt. Hier werden Peroxyde gelagert.

Obergeschoß:

Im Obergeschoß verläuft westseitig über die gesamte Hallenbreite bei einer Tiefe von 5 m eine 24 cm dicke Wand (mit eingebauter Fh-Tür). In dem abgetrennten Teil befinden sich die Kantinenräume und das Treppenhaus.

Im Nordosten liegt das feuerbeständig aufgebaute Treppenhaus.

Der übrige Teil des Obergeschosses ist nicht unterteilt.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 11/53/029	Blatt-Nr. 3
-------------------------	--------------------------	----------------

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts: (siehe beigefügte Skizze)

Länge	32,4 m	Kellergeschoß	-
Breite	30,2 m	Geschoßzahl über OK	2
Fläche	978 m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	~ 9,5 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Materiallager, Erdgeschoß Achsen -

Gesamtfläche je Geschoß: 40,60 m x 30,75 m = 1.248 m²

./. Abzüge: 419 m² (aus anderen Brandabschnitten,
Summe: 829 m² Treppenhäusern, Zeichnerei u.
Stützen)

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 829 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_v + A_h \cdot k_f$ (siehe beigefügte Skizze)

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_v	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Erdgeschoß	-	-	(5 m x 4 m) x 2 = Ein in 2,5 m Höhe angebrach- tes Lichtband kann nach Norm- entwurf nicht als Lüftungs- fläche gerechnet werden, da es mit Drahtglas verglast ist.	40,0	$\frac{40}{829}$ 0,0482

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
Größe: - Anzahl: -
äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: -

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 4 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 25 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung

Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge	Masse	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H _u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q _i [kWh]	Abbrand- faktor m _i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ _i [1]	Bewertete Brandlast Q _i · m _i · ψ _i [kWh]
Erdg.	Holz in Form von Brettern, Spanpl., Paletten	fest					9.678	4,8	46.454	1,0	1,0	46.454
	Verpackungsmaterial (Wellpappe)	fest					660	4,4	2.904	0,7 ⁺	1,0	2.033
	PVC-Halbzeuge (Stäbe, Platten, Rohre)	fest					17.834	5,2	92.737	0,2 ⁺	1,0	18.547
	Polyesterharze (Behälter)	fest					2.142	5,3	11.353	0,7	1,0	7.947
	Lack aus Behälter- Anstrichen	fest					341	7,9	2.694	1,2 ⁺	1,0	3.233
	Polyäthylen aus Stä- ben und Halbzeug	fest					5.472	12,2	66.758	0,8 ⁺	1,0	53.407
	ABS-Kunststoffe	fest					484	10,0	4.840	0,8 ⁺	1,0	3.872
	Polyamid	fest					28	8,8	246	0,8 ⁺	1,0	197
									227.986 : 829			135.690 : 829
									= 275,01 kWh/m ²			= 163,67 kWh/m ²
	Aus dem Gebäude braucht keine Brandlast berücksichtigt zu werden.											
	+) Vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.											

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Erdgeschoß (Materiallager)	135.690	829	163,67
Summe	135.690	829	163,67

2.7. Bestimmung der bewerteten BrandbelastungWärmeabzugsfaktor $w = 2,2$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{2,2 \times 135.690}{829} = 360 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen FaktorenUmrechnungsfaktor $c = 0,2$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,15$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 2	$\gamma_2 = 0,8$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 0,55$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\bar{a}} = c \cdot q_r = 0,2 \times 360 = 72 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_{\bar{a}} \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 72 \times 1,8 \times 1,0 = 130 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 72 \times 1,15 \times 1,0 = 83 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 72 \times 0,8 \times 1,0 = 58 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 72 \times 0,55 \times 1,0 = 40 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 120
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 90
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 60 T 60
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F 60
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	F 60
	Brüstungen	1	W 60
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	T 60

Bemerkungen:

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 2.300 m^2 zulässig. Die Angaben wurden eingehalten.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 11/53/029	Blatt-Nr. 8
-------------------------	--------------------------	----------------

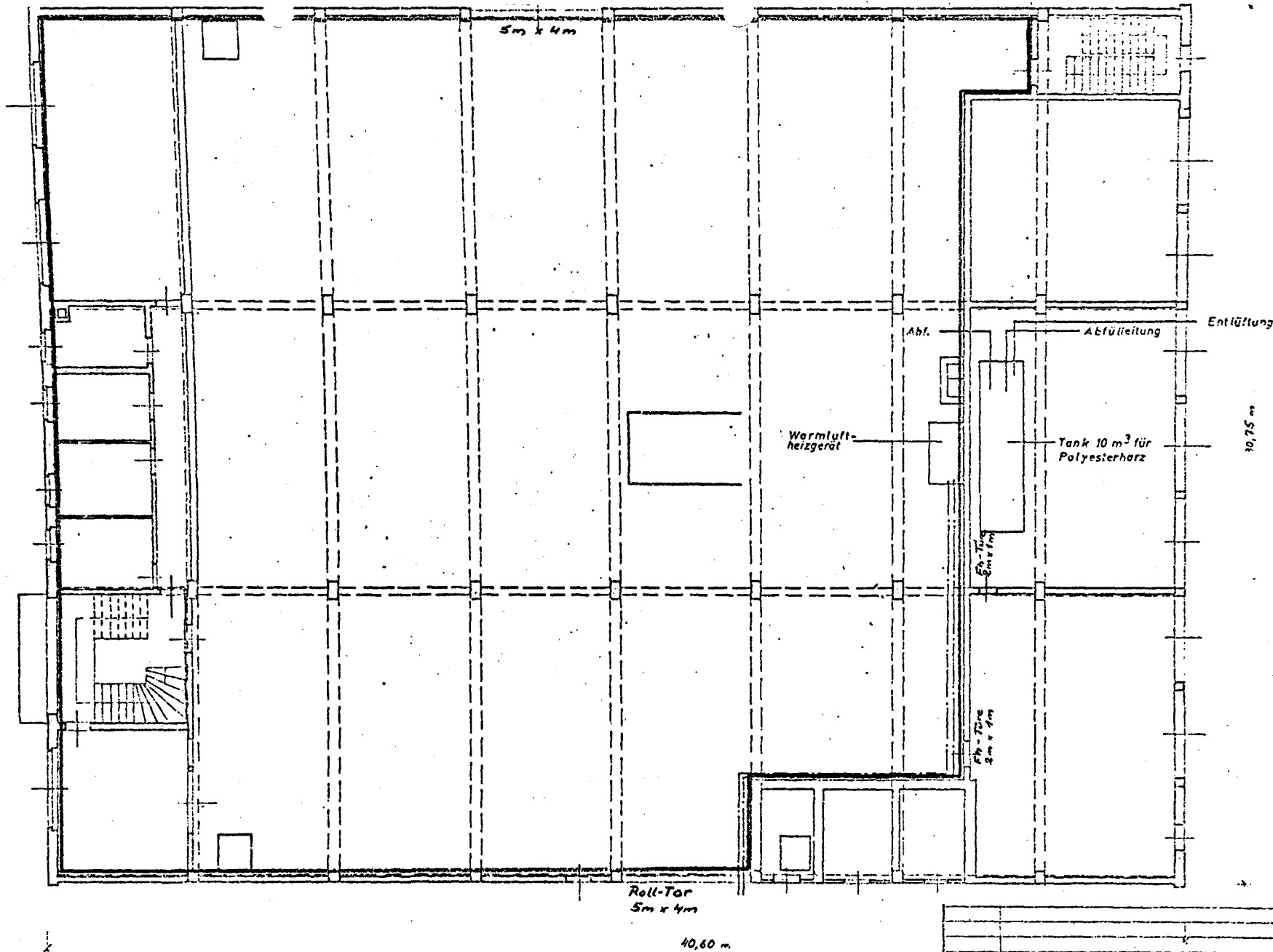
3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile			SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	Mauerwerk, 24 cm	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	Stahlbetonstützen, 40 cm x 40 cm Stahlbetonstützen, 65 cm x 40 cm Stahlbetonbalken, 25 cm x 30 cm Stahlbetonbalken, 40 cm x 60 cm Stahlbetondecke, 20 cm dick	3	F 120 F 120 F 120 F 180 F 180
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuer-schutzabschl.	-	2	-
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	-	1	-
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	Mauerwerk, 30 cm	1	F 180
	Brüstungen	-	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	Fh-Tür, 2 m x 1 m	1	T 30

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.



Index	Änderung		11./53/029	Gewicht roh fertig
1875	Datum	Form		
Ger.	23.8.	Ust.		
Geroll				
Wärmeger.				
1:100	Verstärk.			
Grundriß Halle III Erdgeschoß				

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Zweigeschossige Lager- und Versandhalle.

Der Brandabschnitt liegt auf der Ostseite des Erdgeschosses und ist ein Abschnitt der Lager- und Versandhalle. Er wird nach drei Seiten durch 24 cm dickes Mauerwerk begrenzt. Nach Osten wird der Brandabschnitt durch Kipptore begrenzt.

1.2. Gebäudenutzung

Das Gebäude wird im Erdgeschoß und im 1. Obergeschoß als Lager für Kunststoff-Halbzeuge, Polyesterharze und firmenseits hergestellte Kunststofferzeugnisse genutzt. Auf der Westseite des Gebäudes befinden sich im Erdgeschoß Büroräume, darüber liegen im 1. Obergeschoß die Kantinenräume. Der auf der Ostseite im Erdgeschoß gelegene Brandabschnitt war ursprünglich als Garage konzipiert, wird jedoch heute zur Lagerung von Polyesterharzen genutzt. Innerhalb des Brandabschnitts sind Personen nicht ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschoßzahl

Die Halle besitzt Abmessungen von

$$40,60 \text{ m} \times 30,75 \text{ m} = 1.248 \text{ m}^2$$

Die Halle ist zweigeschossig.

1.4. Funktion

In der Halle werden die werkseitig benötigten Kunststoff-Halbfabrikate wie Platten, Rundmaterial, Rohre, Fittings, Polyesterharze und Peroxyde gelagert. Außerdem werden die hergestellten Güter aus Kunststoffen versandfertig gemacht bzw. zwischengelagert.

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Die Halle ist zweigeschossig; das Tragwerk der Halle ist aus Stahlbeton hergestellt. Im Erdgeschoß sind im Raster von 5 m x 10 m in Längs- bzw. Querrichtung 4 m hohe Stahlbetonstützen errichtet. Die Stützenreihen der Gebäudeaußenseiten haben Abmessungen von 40 cm x 40 cm bzw. 40 cm x 50 cm. Die beiden in der Halle verlaufenden Stützenreihen haben Abmessungen von 65 cm x 40 cm.

Über die Stahlbetonstützen spannen sich in Längsrichtung Stahlbetonträger mit 25 cm Breite und 30 cm Höhe; die in Querrichtung verlaufenden Stahlbetonträger haben Abmessungen von 40 cm Breite und 60 cm Höhe. An den Säulen liegt eine Stahlbetondecke von etwa 20 cm Dicke.

Über den Säulen des Erdgeschosses sind im 1. Obergeschoß 4 m hohe Stahlbetonstützen von 40 cm x 40 cm errichtet. Über die Stützen spannen sich in Längsrichtung 40 cm hohe und 30 cm breite Stahlbetonbalken, in Querrichtung verlaufen etwa 75 cm hohe und 40 cm breite Stahlbetonbalken, die nach außen eine flache Dachneigung aufweisen. Die Dachdeckung besteht aus 5 m langen, 50 cm breiten und 125 mm dicken Gasbetonplatten, die oberseitig mit einer entsprechenden Dachhaut versehen sind.

Die Stahlbetonstützen des Tragwerks sind an den Außenseiten der Halle mit 17,5 cm dickem Mauerwerk und 11,5 cm dickem vorgemauerten Klinkermauerwerk ausgefacht.

Innenausbau

Erdgeschoß: Der Bau kann in drei Teile gegliedert werden:

1. In einen westlich gelegenen Teil, der bei einer Tiefe von 5 m über die gesamte Hallenbreite verläuft und durch 24 cm dickes Mauerwerk vom Hallenteil getrennt ist. In diesem Teil befinden sich Büroräume sowie der Treppenaufgang.
2. In einen östlich gelegenen Teil, der bei einer Tiefe von etwa 8 m fast über die gesamte Hallenbreite verläuft und durch 24 cm dickes Mauerwerk (mit einer eingebauten Fh-Tür) vom Hallenteil getrennt ist. Dieser Teil, der für Garagen konzipiert war, wird als Lagerraum für Polyesterharze genutzt. Außerdem befindet sich im Nordosten noch das zum Obergeschoß führende feuerbeständig aufgebaute Treppenhaus.
3. In den in der Mitte des Baus gelegenen Lager-Hallenteil. Im Südosten sind vom Lager-Hallenteil drei Lagerräume, die nur von außen betreten werden können, durch 36 cm dickes Mauerwerk abgeteilt. Hier werden Peroxyde gelagert.

Obergeschoß

Im Obergeschoß verläuft westseitig über die gesamte Hallenbreite bei einer Tiefe von 5 m eine 24 cm dicke Wand (mit eingebauter Fh-Tür). In dem abgetrennten Teil befinden sich die Kantinenräume und das Treppenhaus. Im Nordosten liegt das feuerbeständig aufgebaute Treppenhaus. Der übrige Teil des Obergeschosses ist nicht unterteilt.

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter2.1. Größe des Brandabschnitts: (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Länge	7,25 m	Kellergeschoß	-
Breite	9,80 m	Geschoßzahl über OK	2
Fläche	71 m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	9,5 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Lager für ungesättigte Poly- Achsen -
esterharze

Gesamtfläche je Geschoß: 1.248 m²

./. Abzüge: 1.177 m² (andere Brandabschnitte, Treppenhaus, Säulen,
Zeichnerei)

Summe: 71 m²

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 71 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_v + A_h \cdot k_f$
(siehe Skizze Pkt. 2.6)

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_v	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Erdgesch.	-	-	(3 m x 4 m) x 3 =	36	$\frac{36}{71}$
					0,507

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
Größe: - Anzahl: -
äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: -

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 4 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

2.4. Flucht- und Rettungswege

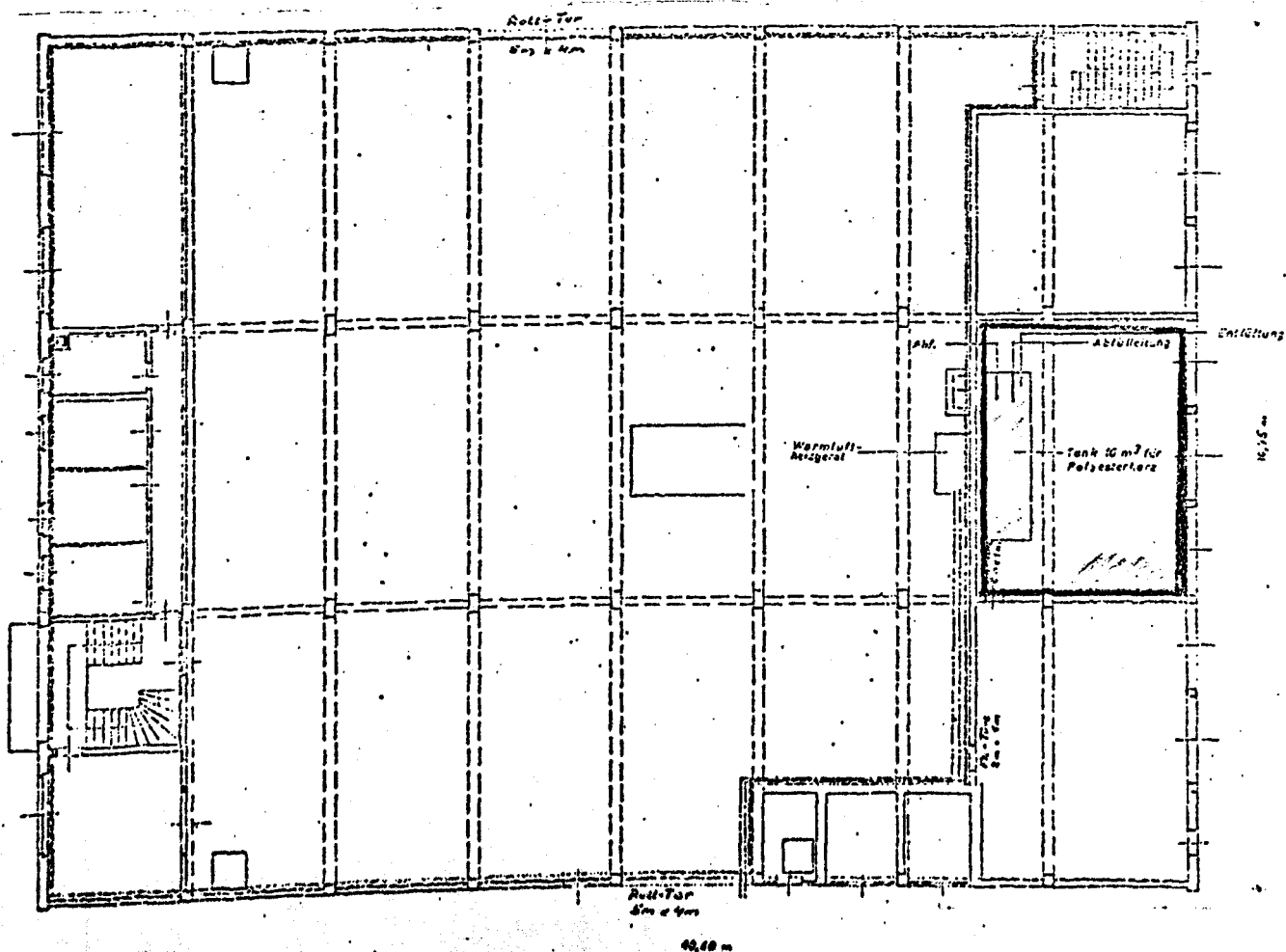
Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 10 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ja/~~nein~~

2.6. Brandlastverteilung

Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.



~~Brandlast~~ Brandlast

204.

[illegible]

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Erdgeschoß	38.120	71	536,9
Polyesterharz- Lageraum			
Summe	38.120	71	536,9

2.7. Bestimmung der bewerteten BrandbelastungWärmeabzugsfaktor $w = 0,9$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{0,9 \times 38.120}{71} = 483 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen FaktorenUmrechnungsfaktor $c = 0,2$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,15$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 2	$\gamma_2 = 0,80$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 0,55$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\bar{a}} = c \cdot q_r = 0,2 \times 483 = 96,6 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_{\bar{a}} \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 97 \times 1,8 \times 1,0 = 175 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 97 \times 1,15 \times 1,0 = 112 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 97 \times 0,8 \times 1,0 = 78 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 97 \times 0,55 \times 1,0 = 53 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile

3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 120
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 90 T 90
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F 60
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	F 60
	Brüstungen	1	W 60
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	T 60

Bemerkungen:

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 1.800 m^2 zulässig. Die Angaben wurden eingehalten.

3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile			SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	Mauerwerk, 24 cm	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	Stahlbetonstützen, 30 cm x 40 cm Stahlbetonstützen, 65 cm x 40 cm Stahlbetonbalken, 25 cm x 30 cm Stahlbetonbalken, 40 cm x 60 cm Stahlbetondecke, 20 cm dick	3	F 120 F 120 F 120 F 180 F 180
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuer-schutzabschl.	-	2	-
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	-	1	-
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	Garagentor, 3 m x 4 m	1	< T 30
	Brüstungen	-	1	-
	Feuerschutzabschlüsse	< 3 m ² Stahltür T 30	1	T 30

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Zweigeschossige Lager- und Versandhalle.

Der Brandabschnitt liegt im 1. Obergeschoß. Er umfaßt bis auf eine Stützenquerreihe das gesamte Obergeschoß. Der Brandabschnitt wird an drei Seiten von Außenwänden begrenzt. In westlicher Richtung wird der Brandabschnitt durch 24 cm dickes Mauerwerk (mit eingebauter Ph-Tür) begrenzt.

1.2. Gebäudenutzung

Das Gebäude wird im Erdgeschoß und im 1. Obergeschoß als Lager für Kunststoffhalbzeuge, Polyesterharze und firmenseitig hergestellte Kunststoffserzeugnisse genutzt. Auf der Westseite des Gebäudes befinden sich im Erdgeschoß Büroräume, darüber liegen im 1. Obergeschoß die Kantinenräume. Innerhalb des Brandabschnitts sind Personen nicht ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschößzahl

Die Halle besitzt Abmessungen von

$$40,60 \text{ m} \times 30,75 \text{ m} = 1.248 \text{ m}^2$$

Die Halle ist zweigeschossig.

1.4. Funktion

In der Halle werden die werkseitig benötigten Kunststoff-Halbfabrikate wie Platten, Rundmaterialien, Rohre, Fittings, Polyesterharze und Peroxyde gelagert. Außerdem werden die hergestellten Güter aus Kunststoffen versandfertig gemacht bzw. zwischengelagert.

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe beigefügte Skizze)

Die Halle ist zweigeschossig. Das Tragwerk der Halle ist aus Stahlbeton hergestellt. Im Erdgeschoß sind im Raster von 5 m x 10 m in Längs- bzw. Querrichtung 4 m hohe Stahlbetonstützen errichtet. Die Stützenreihen der Gebäudeaußenseiten haben Abmessungen von 40 cm x 40 cm bzw. 40 cm x 50 cm. Die beiden in der Halle verlaufenden Stützenreihen haben Abmessungen von 65 cm x 40 cm.

Über die Stahlbetonstützen spannen sich in Längsrichtung Stahlbetonträger mit 25 cm Breite und 30 cm Höhe; die in Querrichtung verlaufenden Stahlbetonträger haben Abmessungen von 40 cm Breite und 60 cm Höhe. Auf den Säulen liegt eine Stahlbetondecke von etwa 20 cm Dicke.

Über den Säulen des Erdgeschosses sind im 1. Obergeschoß 4 m hohe Stahlbetonstützen von 40 cm x 40 cm errichtet. Über die Stützen spannen sich in Längsrichtung 40 cm hohe und 30 cm breite Stahlbetonbalken, in Querrichtung verlaufen etwa 75 cm hohe und 40 cm breite Stahlbetonbalken, die nach außen eine flache Dachneigung aufweisen.

Die Dachdeckung besteht aus 5 m langen, 50 cm breiten und 125 mm dicken Gasbetonplatten, die oberseitig mit einer entsprechenden Dachhaut versehen sind.

Die Stahlbetonstützen des Tragwerks sind an den Außenseiten der Halle mit 17,5 cm dickem Mauerwerk und 11,5 cm dickem vorgemauerten Klinkermauerwerk ausgefacht.

Innenausbau

Erdgeschoß: Der Bau kann in drei Teile gegliedert werden, nämlich

1. in einen westlich gelegenen Teil, der bei einer Tiefe von 5 m über die gesamte Hallenbreite verläuft und durch 24 cm dickes Mauerwerk vom Hallenteil getrennt ist. In diesem Teil befinden sich Büroräume sowie der Treppenaufgang.
2. in einen östlich gelegenen Teil, der bei einer Tiefe von etwa 8 m fast über die gesamte Hallenbreite verläuft und durch 24 cm dickes Mauerwerk (mit einer eingebauten Fh-Tür) vom Hallenteil getrennt ist. Dieser Teil, der für Garagen konzipiert war, wird als Lagerraum für Polyesterharze genutzt. Außerdem befindet sich im Nordosten noch das zum Obergeschoß führende feuerbeständig aufgebaute Treppenhaus.
3. in den in der Mitte des Baus gelegenen Lager-Hallenteil. Im Südosten sind vom Lager-Hallenteil drei Lagerräume, die nur von außen betreten werden können, durch 36 cm dickes Mauerwerk abgeteilt. Hier werden Peroxyde gelagert.

Obergeschoß

Im Obergeschoß verläuft westseitig über die gesamte Hallenbreite bei einer Tiefe von 5 m eine 24 cm dicke Wand (mit eingebauter Fh-Tür). In dem abgetrennten Teil befinden sich die Kantineräume und das Treppenhaus. Im Nordosten liegt das feuerbeständig aufgebaute Treppenhaus. Der übrige Teil des Obergeschosses ist nicht unterteilt.

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter2.1. Größe des Brandabschnitts: (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Länge	34,80 m	Kellergeschoß	-
Breite	30,20 m	Geschoßzahl über OK	2
Fläche	1.051 m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	9,5 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Materiallager, 1. Obergeschoß Achsen -

Gesamtfläche je Geschoß: 1.248 m²./. Abzüge: 208 m² (aus Treppenhaus, Mauerwerk, Stützen und westlich nicht mit einbezogenem Teil)Summe: 1.040 m²Rechnerische Brandabschnittsfläche: 1.040 m²2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_v + A_h \cdot k_f$

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_v	m ²	$\frac{A_F}{A}$
1. Oberg.	(1 x 1) x 1	1	-	-	$\frac{1}{1.040}$
			Ein in etwa 2,5 m Höhe angebrachtes Lichtband kann nach Normentwurf nicht als Lüftungsfläche angerechnet werden, da es mit Drahtglas verglast ist.		0,0009

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
Größe: - Anzahl: -
äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: -

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 4 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

2.4. Flucht- und Rettungswege

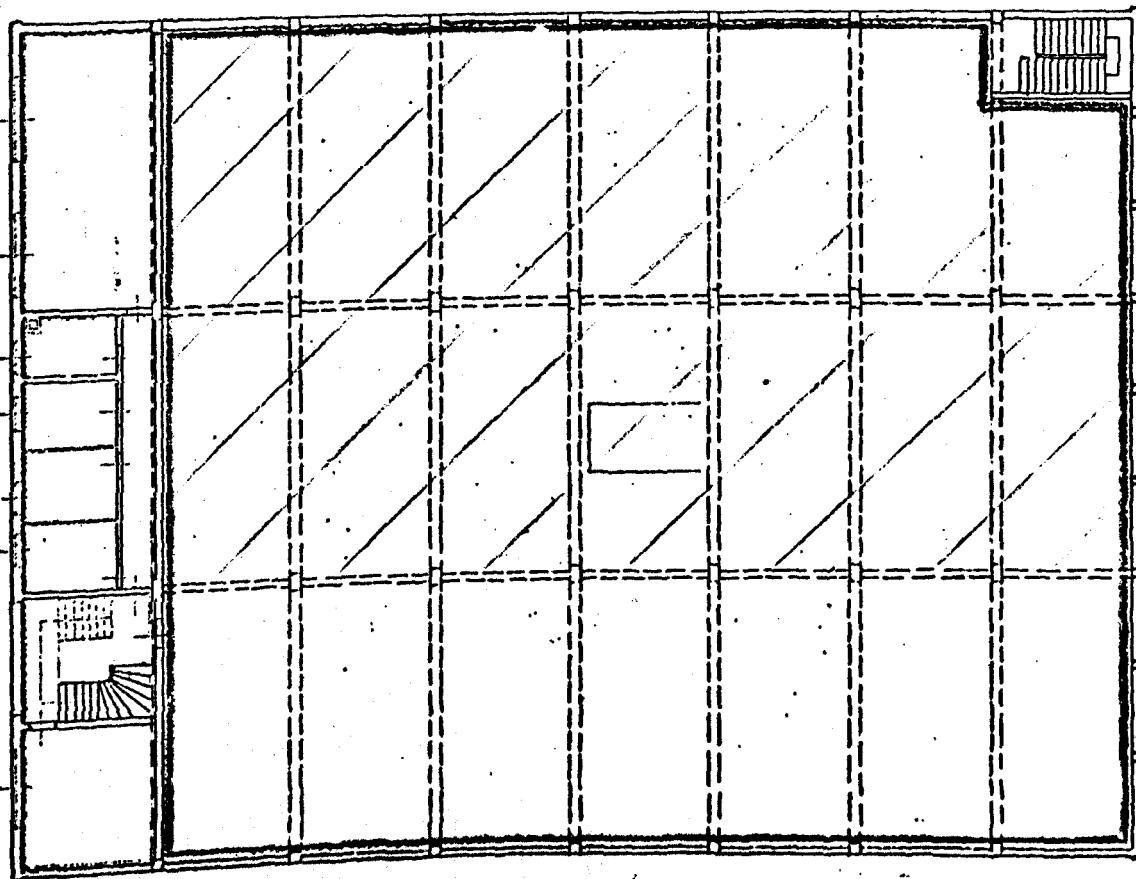
Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 35 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung

Die Brandlast verteilt sich auf der in der Skizze eingetragenen Fläche gleichmäßig. Hier kann mit einer mittleren Brandlast gerechnet werden.



III Brandlast
272

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge Stck.	Masse. kg/Stck.	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H _u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q _i [kWh]	Abbrand- faktor m _i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ_i [1]	Bewertete Brandlast Q _i · m _i · ψ_i [kWh]
1. Oberd.	Holz aus Regalböden, Kisten und Paletten	fest			4,36	6,00	2.616	4,8	12.557	1,0	1,0	12.557
	Verpackungsmaterial (Wellpappe)	fest	100 106	3,6 0,5	-	-	418	4,4	1.839	0,7 ⁺)	1,0	1.287
	Papier aus Akten u. Prospekten (gestapelt)	fest			40	6,00	24.000	3,8	91.200	0,2	1,0	18.240
	PVC aus Apparaten usw.	fest					1.430	5,2	7.436	0,2 ⁺)	1,0	1.487
	Polyäthylen aus Ein- zelteilen	fest					100	12,2	1.220	0,8	1,0	976
	Polyesterharz aus Einzelteilen	fest					182	5,3	965	0,7	1,0	675
	Lacke	fest					41	~ 7,9	324	1,3 ⁺)	1,0	421
									115.541 : 1.040			35.643 : 1.040
								=	111,09 kWh/m ²			= 34,27 kWh/m ²
	An dem Gebäude braucht keine Brandlast berücksichtigt zu werden.											
	+) Vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.											

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
1.Obergeschoß	35.643	1.040	34,27
Summe	35.643	1.040	34,27

2.7. Bestimmung der bewerteten BrandbelastungWärmeabzugsfaktor $w = 3,2$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{3,2 \times 35.643}{1.040} = 109,67 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen FaktorenUmrechnungsfaktor $c = 0,2$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,3$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 2	$\gamma_2 = 0,95$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 0,60$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\bar{a}} = c \cdot q_r = 0,2 \times 109,67 = 21,93 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F = t_{\bar{a}} \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 22 \times 1,8 \times 1,0 = 40 & [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 22 \times 1,3 \times 1,0 = 29 & [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 22 \times 0,95 \times 1,0 = 21 & [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 22 \times 0,6 \times 1,0 = 13 & [\text{min}] \end{aligned}$$

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q'_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q'_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
1. Obergeschoß (Teilfläche)	35.643	692	51,50
	Bemerkung: Etwa 1/3 des Brandabschnitts war mit Draht abgesperrt und für eine noch einzurichtende Fertigung freigehalten.		
Summe	35.643	692	51,50

2.7. Bestimmung der bewerteten BrandbelastungWärmeabzugsfaktor $w' = 3,2$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q'_R = \frac{w' \cdot \Sigma Q'_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{3,2 \times 35.643}{692} = 164,8 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen FaktorenUmrechnungsfaktor $c = 0,2$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma'_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma'_3 = 1,15$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 2	$\gamma'_2 = 0,80$	
SK _B 1	$\gamma'_1 = 0,55$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t'_a = c \cdot q'_R = 0,2 \times 164,8 = 32,96 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F' &= t'_a \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t'_a \cdot \gamma'_4 \cdot 1,0 = 33 \times 1,8 \times 1,0 = 59 \quad [\text{min}] \\ &= t'_a \cdot \gamma'_3 \cdot \gamma_{nb} = 33 \times 1,15 \times 1,0 = 38 \quad [\text{min}] \\ &= t'_a \cdot \gamma'_2 \cdot \gamma_{nb} = 33 \times 0,80 \times 1,0 = 26 \quad [\text{min}] \\ &= t'_a \cdot \gamma'_1 \cdot \gamma_{nb} = 33 \times 0,55 \times 1,0 = 18 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 11/55/031	Blatt-Nr. 7
-------------------------	--------------------------	----------------

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile

3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 90
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 60
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 60 T 60
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F 30
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	F 30
	Brüstungen	1	W 30
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	T 30

Bemerkungen:

Nach den tatsächlich vorliegenden Verhältnissen wurde zur Festlegung der erforderlichen Feuerwiderstandsklasse Blatt 6 b in Anrechnung gebracht.

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 7.000 m^2 zulässig. Die Angaben wurden eingehalten.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 11/55/031	Blatt-Nr. 8
-------------------------	--------------------------	----------------

3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile			SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandab- schnitts- wände	Mauerwerk, 24 cm	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.- decken	Stahlbetonstützen, 40 cm x 40 cm Stahlbetonbalken, 40 cm x 30 cm	3	F 120 F 180
	Sonst. bedeut- same Bauteile große Feuer- schutzabschl.	Dachtragwerk: Stahlbetonbalken, 40 cm x 75 cm (mit Dachneigung verlaufend)	2	F 180
	Bauteile von untergeordne- ter Bedeutung	Dach: Gasbetonplatten, 125 mm dick	1	> F 90
Nichttragende Bauteile als Ab- grenzung des Brandabschnitts	Außenwände	Mauerwerk, 17,5 cm und 11,5 cm	1	F 180
	Brüstungen	-	1	-
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	Stahltüren T 30	1	T 30

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Lagerhalle

Der Brandabschnitt liegt ebenerdig und wird allseitig von Außenmauerwerk begrenzt.

1.2. Gebäudenutzung

Die Halle wird ausschließlich für die Lagerung von Autoreifen genutzt.
Innerhalb des Brandabschnitts sind 2 Personen ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschoßzahl

Das Gebäude hat Außenabmessungen von
 $30 \text{ m} \times 25 \text{ m} = 750 \text{ m}^2$.

Die Halle ist eingeschossig.

1.4. Funktion

Die in der Montage benötigten LKW-Reifen werden hier zwischengelagert und nach Bedarf abgefordert.

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe Skizze Pkt. 2.6)

Das gesamte Gebäude ist in den tragenden Teilen als eine nicht ummantelte Stahl-Skelett-Konstruktion errichtet.

Umlaufend um das ganze Gebäude sind im Abstand von 5 m jeweils 6 m hohe Stahlstützen I PB 140 errichtet. Die Stahlstützen sind durch angeflanschte Stahlträger I PB 140 miteinander verbunden.

Außerdem verläuft in Hallenmitte eine Stahlstützenreihe aus 6 m langen Stützen I PB 240.

Das Dach der Halle ist ein nicht bekleidetes Stahltrapezblech-Flachdach, das auf einem an den Stahlstützen angeflanschten Stahlfachwerk aus Winkelleisen und T-Stählen aufliegt. Die Stahlfachwerkträger sind in Richtung Sickenverlauf des Trapezblechs durch Rundstähle miteinander verbunden.

Das Außenmauerwerk des Gebäudes besteht umlaufend aus 150 mm dicken Gasbetonplatten, die an den Stahlstützen verankert sind. Ferner ist etwa in Hallenmitte eine 15 cm dicke und etwa 20 m lange Wand aus Gasbetonplatten aufgebaut, die an den Stahlstützen I PB 240 verankert ist.

218

2.1. Größe des Brandabschnitts:

Länge	30	m	Kellergeschoß	-
Breite	25	m	Geschoßzahl über OK	1
Fläche	750	m ²	Bühnen	-
Dachhöhe	6	m	Sonstiges	-

Achsen -

Summe: 750 m^2

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_v + A_h \cdot k_f$

Geschoß	Dachöffnungen A_n (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_v	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Erdg.	(6 m x 1,5 m) x 1,9 =	17,1	4 m x 4,5 m = 1 m x 2 m =	18 2 <hr/> 20	$\frac{37,1}{750}$
					0,04946

Art: - Anordnung: -
Größe: - Anzahl: -
äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: -

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist eine Berufsfeuerwehr, die etwa 2 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

2.4. Flucht- und Rettungswege

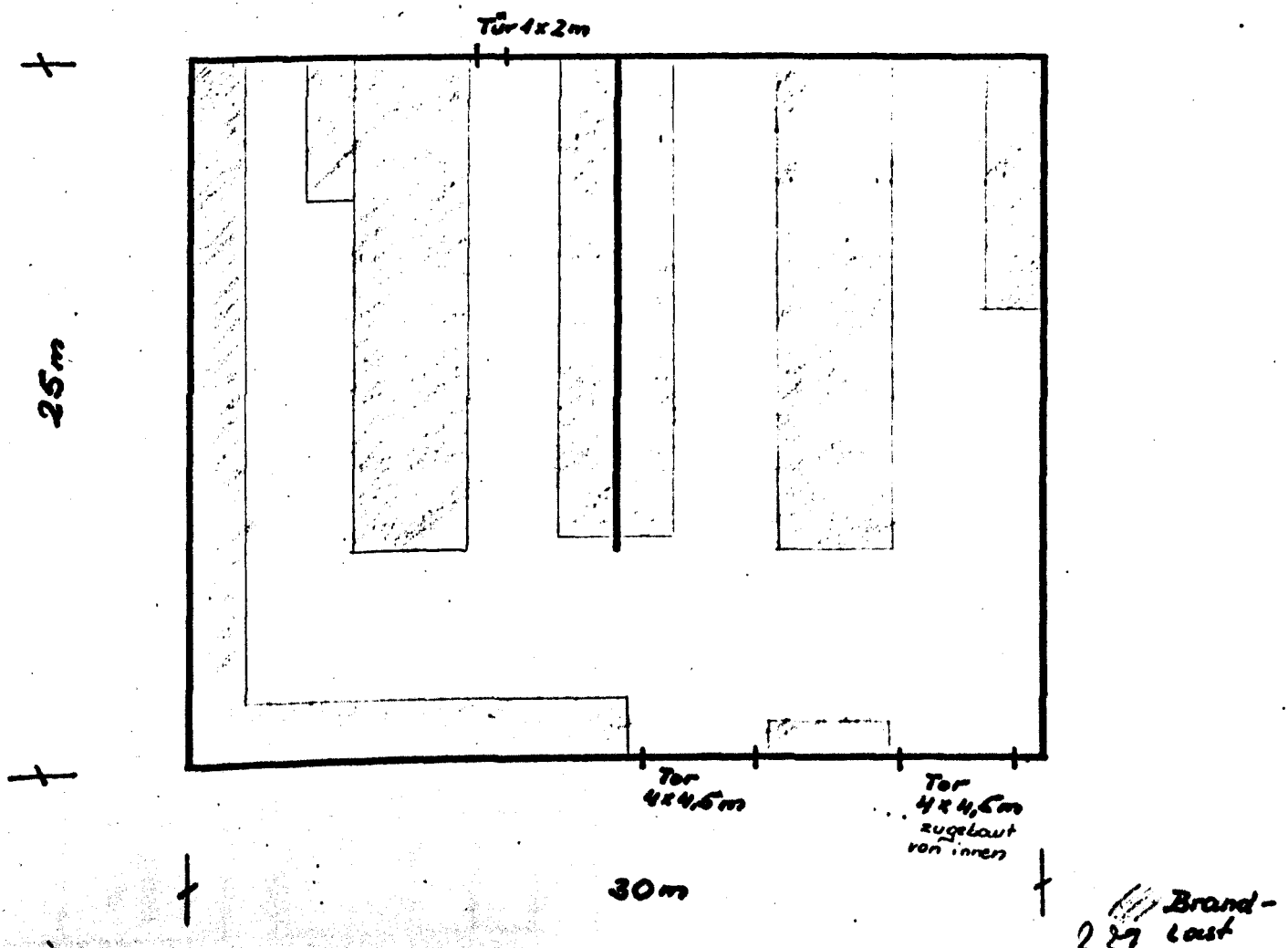
Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 30 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung

Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge Stck.	Masse kg/Stck.	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H_u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q_i [kWh]	Abbrand- faktor m_i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ_i [1]	Bewertete Brandlast $Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]
Erdg.	LKW-Reifen, 9 R 22,5	fest	42	41	-	-	1.722	8,4	14.465	0,5 ⁺	1,0	7.232
	LKW-Reifen, 10 R 22,5	fest	217	46	-	-	9.982	8,4	83.849	0,5 ⁺	1,0	41.924
	LKW-Reifen, 11 R 22,5	fest	315	60	-	-	18.900	8,4	158.760	0,5 ⁺	1,0	79.380
	LKW-Reifen, 12 R 22,5	fest	154	71	-	-	10.934	8,4	91.846	0,5 ⁺	1,0	45.923
	LKW-Reifen, 13 R 22,5	fest	228	85	-	-	19.380	8,4	162.792	0,5 ⁺	1,0	81.396
	LKW-Reifen, 14 R 20	fest	385	88	-	-	33.880	8,4	284.592	0,5 ⁺	1,0	142.296
	Gummi-Schläuche	fest					15	8,4	126	0,5 ⁺	1,0	63
									796.430 : 750			398.215 : 750
								=	1061,9 kWh/m ²			530,95 kWh/m ²
	Aus dem Gebäude braucht keine Brandlast berücksichtigt zu werden.											
	+) Vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 nicht vorliegen.											

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Erdgeschoß	398.215	750	530,95
Summe	398,215	750	530,95

2.7. Bestimmung der bewerteten Brandbelastung

Wärmeabzugsfaktor $w = 1,8$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{1,8 \times 398.215}{750} = 955,7 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen Faktoren

Umrechnungsfaktor $c = 0,25$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	f-Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	f _{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	f ₄ = 1,8	f _{nb} = 1,0
SK _B 3	f ₃ = 1,0	f _{nb} = 1,0
SK _B 2	f ₂ = 0,7	
SK _B 1	f ₁ = 0,5	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_a = c \cdot q_r = 0,25 \times 955,7 = 239 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned}
 \text{erf } F &= t_a \cdot f \cdot f_{nb} = t_a \cdot f_4 \cdot 1,0 = 239 \times 1,8 \times 1,0 = 430 \quad [\text{min}] \\
 &= t_a \cdot f_3 \cdot f_{nb} = 239 \times 1,0 \times 1,0 = 329 \quad [\text{min}] \\
 &= t_a \cdot f_2 \cdot f_{nb} = 239 \times 0,7 \times 1,0 = 167 \quad [\text{min}] \\
 &= t_a \cdot f_1 \cdot f_{nb} = 239 \times 0,5 \times 1,0 = 119 \quad [\text{min}]
 \end{aligned}$$

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile

3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 120
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 90 T 90
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F 60
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	F 60
	Brüstungen	1	W 60
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	T 60

Bemerkungen:

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 2.500 m^2 zulässig. Die Angaben wurden eingehalten.

Eine Befreiung von den obigen Anforderungen ist für den untersuchten Gebäudeteil zulässig, sofern die erforderliche Dachentlüftung bis zu 5 % nach Anlage 3 der Norm angebracht wird.

3.2. Ausgeführte Bauweise

Bauteile		SK_B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	-	4
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	nicht ummantelte Stahlstützen I PB 140 I PB 240 Stahlträger I PB 140	3
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuerschutzabschl.	-	2
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	Stahl-Trapezblech-Dach	1
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	Gasbetonplatten, 150 mm dick, in Verbindung mit Stahlstützen	1
	Brüstungen	-	1
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	-	1

Bemerkungen:

Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.

1. Bauunterlagen

1.1. Gebäudeart

Lagerhalle mit Versand und eingebautem zweigeschossigen Verwaltungsabschnitt. Der Brandabschnitt wird von Außenwänden aus 15 cm dicken Gasbetonplatten begrenzt. Der zweigeschossige Verwaltungsabschnitt, der sich an einem Teil einer Längsseite befindet, wurde nicht in die Untersuchungen mit einbezogen. Er wird im Erdgeschoß durch 24 cm dickes KS-Mauerwerk und im Obergeschoß durch GKF-Plattenwände von dem übrigen Hallenteil abgetrennt.

1.2. Gebäudenutzung

Die Halle wird ebenerdig und auf einer über etwa 1/2 der Hallenfläche aufgebauten Bühne zur zentralen Lagerung von Autoersatzteilen genutzt. Im vorderen nicht abgegrenzten Hallenteil finden Verpackung und Versand statt. Längsseitig verlaufend ist ein 85 m langer und 7,5 m breiter Abschnitt der Halle abgemauert und zweigeschossig aufgebaut. Hier sind die Verwaltungsabteilung und Belegschafts- und Sanitärräume untergebracht. Innerhalb des Brandabschnitts sind etwa 150 Personen ständig beschäftigt.

1.3. Grundrißfläche und Geschoßzahl

Das Gebäude hat Außenabmessungen von
 $180 \text{ m} \times 60 \text{ m} = 10.800 \text{ m}^2$

Die Halle ist eingeschossig.

1.4. Funktion

Die in den einzelnen Regalen gelagerten Auto-Ersatzteile werden je nach Auftragseingang über die Verwaltungsabteilung mit Kleintransport-Fahrzeug auftragsweise zusammengestellt und der Packerei bzw. dem Versand übergeben.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 12/22/033	Blatt-Nr. 2
-------------------------	--------------------------	----------------

1.5. Konstruktion und Ausbau (siehe beigelegte Skizze)

Die Lagerhalle ist eine eingeschossige Stahlkonstruktion, die mit Gasbetonplatten bekleidet ist. Die tragende Konstruktion der Halle besteht aus 6,5 m hohen, nicht ummantelten Stahlstützen I PE 500 an den Außenseiten und Stahlstützen I PB 300 im Halleninnern. Die Stahlstützen sind in Hallenlängsrichtung im Abstand von 20 m und in der Breite im Abstand von 10 m errichtet. Zur Befestigung der Außenbekleidung (Gasbetonplatten) sind an den Außenseiten im Abstand von 5 m noch zusätzliche Stahlstützen I PE 240 aufgebaut. Überspannt werden die Stützen von Stahlträgern I PE 500. Stützen und Träger sind miteinander verschraubt.

Auf der tragenden Konstruktion liegt die Sheddachkonstruktion mit einer etwa unter 60° geneigten Drahtglasfläche. Jedes Dachfeld hat eine Breite von etwa 5 m und eine Länge von 20 m. Die Dachkonstruktion besteht aus unbedeckten Stahlträgern I PB 100, I PE 100 und Windverstreben aus Winkelstählen, die miteinander verschraubt sind. Das Sheddach, das eine Höhe von etwa 2 m hat, verläuft in Hallenlängsrichtung und ist auf der der Glasfläche gegenüberliegenden Seite mit Gasbetonplatten gedeckt. Die in die Glasfläche eingebauten Lüftungsöffnungen sind nur mechanisch über Seilzüge zu betätigen.

Die Außenbekleidung der Halle besteht aus 150 mm dicken Gasbetonplatten (5 m x 0,5 m), die an den Stahlstützen verankert sind.

Innenausbau

An einer Längsseite der Lagerhalle ist ein 85 m langer und 7,5 m breiter Teil der Halle zweigeschossig aufgebaut. In diesem Teil, der nicht in die Untersuchung mit einbezogen wurde, ist die Verwaltung untergebracht.

Der zweigeschossig aufgebaute Teil ist im Erdgeschoß durch ein 24 cm dickes KS-Mauerwerk von der übrigen Halle abgegrenzt. Die Geschoßdecke ist eine Stahlbeton-Decke. Im Obergeschoß verläuft ein offener 1,6 m breiter Flur; die neben dem Flur liegenden Büroräume sind durch leichte Trennwände (Gipsbauplatten und abgehängte Unterdecken) von der Halle getrennt. In das Obergeschoß führen zwei Treppenhäuser, wobei ein Treppenhaus feuerhemmend aufgebaut ist.

Über der Grundfläche der übrigen Halle ist etwa zur Hälfte der Fläche in 2,5 m Höhe eine Bühne aus Stahlträgern I PE 120, Stahlrohren 40 mm x 40 mm und Stahlregalen aufgebaut. Der Boden der Bühne besteht teilweise aus Stahlgitterrosten, teilweise aus Holz.

Etwa in Hallenmitte ist ein 2"-Wasserrohr mit Schlauchanschluß und Schlauch vorhanden. Außerdem sind an diversen Stellen Hand-Feuerlöscher angebracht.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 12/22/033	Blatt-Nr. 3
-------------------------	--------------------------	----------------

2. Ermittlung der brandschutztechnischen Parameter

2.1. Größe des Brandabschnitts: (siehe beigefügte Skizze)

Länge	180 m	Kellergeschoß	-
Breite	60 m	Geschoßzahl über OK	1 (2)
Fläche	10.800 m ²	Bühnen	1
Dachhöhe	8,75 m	Sonstiges	-

Brandabschnitt: Zentrales Ersatzteillager Achsen -

Gesamtfläche je Geschoß: 10.800 m²
 ./.. Abzüge: 800 m² (aus Verwaltung, Wänden, Stützen und Einbauten für Bühne)
 Summe: 10.000 m²

Rechnerische Brandabschnittsfläche: 10.000 m²

2.2. Ermittlung der anrechenbaren Wärmeabzugsflächen $A_F = A_V + A_h \cdot k_f$ (siehe beigefügte Skizze)

Geschoß	Dachöffnungen A_h (Stck. x m ²) x k_f	m ²	Fenster- u. Türöffnungen A_V	m ²	$\frac{A_F}{A}$
Erdgesch.	Die im Shed-Dach eingebauten Lichtbänder sowie die darin angeordneten, nicht selbsttätig öffnenden Lüftungsöffnungen dürfen lt. Norm-Entwurf DIN 18 230 Teil 1 nicht als Lüftungsflächen in Anrechnung gebracht werden (Drahtglas).		(4 m x 4,75 m) x 5 = (3 m x 4,5 m) x 2 = 4 m x 3,75 m = 2 m x 2 m = 1 m x 2 m = 4 m x 4 m =	95 21 15 4 2 16 153	153 10000 0,0153

Zusätzliche Rauch- bzw. Wärmeabzugsvorrichtungen (z. B. masch. Anlagen)

Art: - Anordnung: -
 Größe: - Anzahl: -
 äquivalente Öffnungsfläche: -

2.3. Löschwasserverhältnisse

Sprinkler-Anlage: -

Werksfeuerwehr: -

Andere Feuerlöscheinrichtungen: Ausreichende Löschwasserversorgung über Hydranten ist vorhanden. Im Brandfall ist die Städt. Berufsfeuerwehr, die etwa 7 km entfernt stationiert ist, mit mehreren Löschfahrzeugen einsatzbereit.

2.4. Flucht- und Rettungswege

Die maximale Fluchtweglänge zur nächsten Öffnung ins Freie oder in ein feuerbeständiges Treppenhaus beträgt etwa 75 m.

2.5. Geschlossene Systeme

vorhanden: ~~ja~~/nein

2.6. Brandlastverteilung

Es kann mit einer gleichmäßig verteilten mittleren Brandlast gerechnet werden.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ge- schoß	brennbare Stoffe	Zu- stand	Menge	Masse	Vol. [m ³]	Wichte [kN/m ³]	Gesamtmasse [kg]	Unterer Heizwert H _u [kWh/kg]	Unbewertete Brandlast Q _i [kWh]	Abbrand- faktor m _i [1]	Kombina- tionsbei- wert ψ_i [1]	Bewertete Brandlast Q _i · m _i · ψ_i [kWh]
Erdgesch. u. Bühnen	Holz aus Fußböden (Bretter)	fest					129.418	4,8	621.206	1,0	1,0	621.206
	Holz aus Paletten	fest					10.660	4,8	51.168	1,0	1,0	51.168
	Kanthölzer	fest					30.171	4,8	144.821	0,7	1,0	101.374
	Verpackungsmaterial (Wellpapp-Kartonag.)	fest					41.720	4,4	183.568	0,7 ⁺⁾	1,0	128.498
	Papier (Akten und gestapeltes Papier)	fest					23.701	3,8	90.064	0,2	1,0	18.013
	Gummi-Teile	fest					8.749	9,5	83.115	0,5 ⁺⁾	1,0	41.558
	PVC-Teile	fest					537	5,2	2.792	0,2 ⁺⁾	1,0	558
	Polyäthylen-Folien	fest					13.797	12,2	168.323	0,8 ⁺⁾	1,0	134.658
	Fett (Wachs)	fest					300	11,5	3.450	0,6 ⁺⁾	1,0	2.070
	Textilien u. Filz	fest					125	4,3	538	0,4	1,0	215
	Polyesterharz mit Glasseide	fest					82	5,3	435	0,7	1,0	305
	Papier-Tüten	fest					540	4,2	2.268	1,0	1,0	2.268
	Öl-Papier	fest					170	ca. 8	1.360	1,0 ⁺⁾	1,0	1.360
	Wachsleinen	fest					1.128	ca. 8	9.024	1,0 ⁺⁾	1,0	9.024
	Bitumenpapier	fest					300	ca. 6	1.800	1,0 ⁺⁾	1,0	1.800

+) Vorläufig geschätzt, da Meßwerte nach DIN 18 230 Teil 2 noch nicht vorliegen.

[illegible]

2.6. Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung

Teilbereich	Bewertete Brandlast $\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i$ [kWh]	Brandabschnitt A [m ²]	$\frac{\Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$ [kWh/m ²]
Erdgeschoß	1.005.508	10.000	100,55
Summe	1.005.508	10.000	100,55

2.7. Bestimmung der bewerteten Brandbelastung

Wärmeabzugsfaktor $w = 2,2$ (nach Tabelle 2 der Norm)

Bewertete Brandbelastung

$$q_r = \frac{w \cdot \Sigma Q_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} = \frac{2,2 \cdot 1.005.508}{10.000} = 221,21 \quad [\text{kWh/m}^2]$$

2.8. Ermittlung der übrigen Faktoren

Umrechnungsfaktor $c = 0,25$ (nach Tabelle 3 der Norm)

	γ -Faktoren (nach Tabelle 4 oder 5)	γ_{nb} -Faktor (nach Tabelle 6)
SK _B 4	$\gamma_4 = 1,8$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 3	$\gamma_3 = 1,7$	$\gamma_{nb} = 1,0$
SK _B 2	$\gamma_2 = 1,35$	
SK _B 1	$\gamma_1 = 1,05$	

2.9. Äquivalente Branddauer

$$t_{\bar{a}} = c \cdot q_r = 0,25 \times 221 = 55,3 \quad [\text{min}]$$

2.10. Erforderliche Feuerwiderstandsdauer:

$$\begin{aligned} \text{erf } F &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma \cdot \gamma_{nb} = t_{\bar{a}} \cdot \gamma_4 \cdot 1,0 = 55 \times 1,8 \times 1,0 = 99 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_{nb} = 55 \times 1,7 \times 1,0 = 94 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_{nb} = 55 \times 1,35 \times 1,0 = 74 \quad [\text{min}] \\ &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_{nb} = 55 \times 1,05 \times 1,0 = 58 \quad [\text{min}] \end{aligned}$$

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 12/22/033	Blatt-Nr. 7
-------------------------	--------------------------	----------------

3. Feuerwiderstandsdauer der Bauteile

3.1. Beurteilung nach DIN 18 230

Bauteile		SK _B	erforderliche Feuerwiderstandsklasse nach Anlage 1 der Norm
Tragende und nichttragende Einzel-Bauteile	Brandabschnittswände	4	F 180
	Bauteile des Haupttragwerks, Brandabschnittsdecken und Bauteile, die Brandabschnitte überbrücken	3	F 120
	Sonst. bedeutsame Bauteile, die nicht zum Haupttragwerk gehören (Feuerschutzabschlüsse $\geq 3 \text{ m}^2$, nichttragende Außenwände im Anschluß an Brandabschnittsdecken)	2	F 90 T 90
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	1	F 60
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	1	F 60
	Brüstungen	1	W 60
	Feuerschutzabschlüsse $< 3 \text{ m}^2$	1	T 60

Bemerkungen:

Nach Anlage 2 von DIN 18 230 Teil 1 ist eine Brandabschnittsfläche von 2500 m^2 zulässig. Die Angaben wurden nicht eingehalten.

Forschung DIN 18 230	Code-Nummer 12/22/033	Blatt-Nr. 8
-------------------------	--------------------------	----------------

3.2. Ausgeführte Bauweise

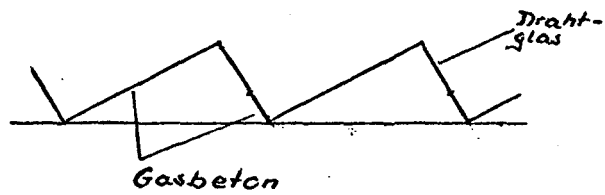
Bauteile			SK _B	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Blatt 2, Ausgabe 1977, Tabelle 1
Tragende und nichttragende Einzelbauteile	Brandabschnittswände	KS-Mauerwerk, 24 cm GKF-Plattenwände	4	F 180 F 90
	Bauteile des Haupttragwerks Brandabschn.-decken	nicht ummantelte Stahlstützen I PE 500 Stahlstützen I PE 300 Stahlträger I PE 500	3	< F 30 < F 30 < F 30
	Sonst. bedeutungsvolle Bauteile große Feuerschutzabschl.	-	2	-
	Bauteile von untergeordneter Bedeutung	nicht ummantelte Stahlstützen I PE 240 Stahlträger I PE 100 Stahlträger I PE 100	1	< F 30 < F 30 < F 30
Nichttragende Bauteile als Abgrenzung des Brandabschnitts	Außenwände	Gasbetonplatten 150 mm (in Verbindung mit Stahlstützen)	1	< F 30
	Brüstungen		1	
	Feuerschutzabschlüsse < 3 m ²	FH-Türen (Treppenh.) Holztüren 0,85x2,00m	1	T 30 < T 30

Bemerkungen:

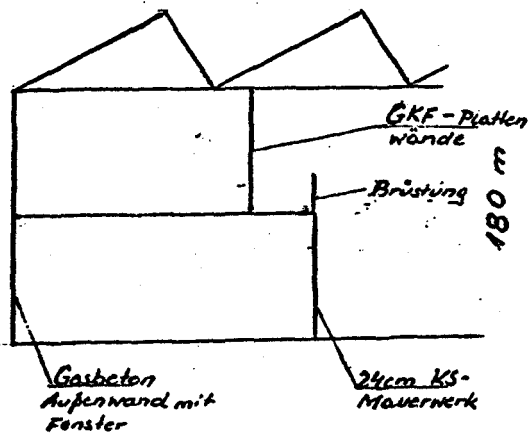
Die Beurteilung der o. a. Einzel-Bauteile setzt voraus, daß auch die Auflager, Unterstützungen, Aussteifungen, aussteifenden Verbände, Verbindungen usw. die entsprechende Feuerwiderstandsdauer aufweisen.

Eine dahingehende Überprüfung der vorstehenden Einzelteile konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden.

Form der
Sägedach-Konstruktion
M 1:200

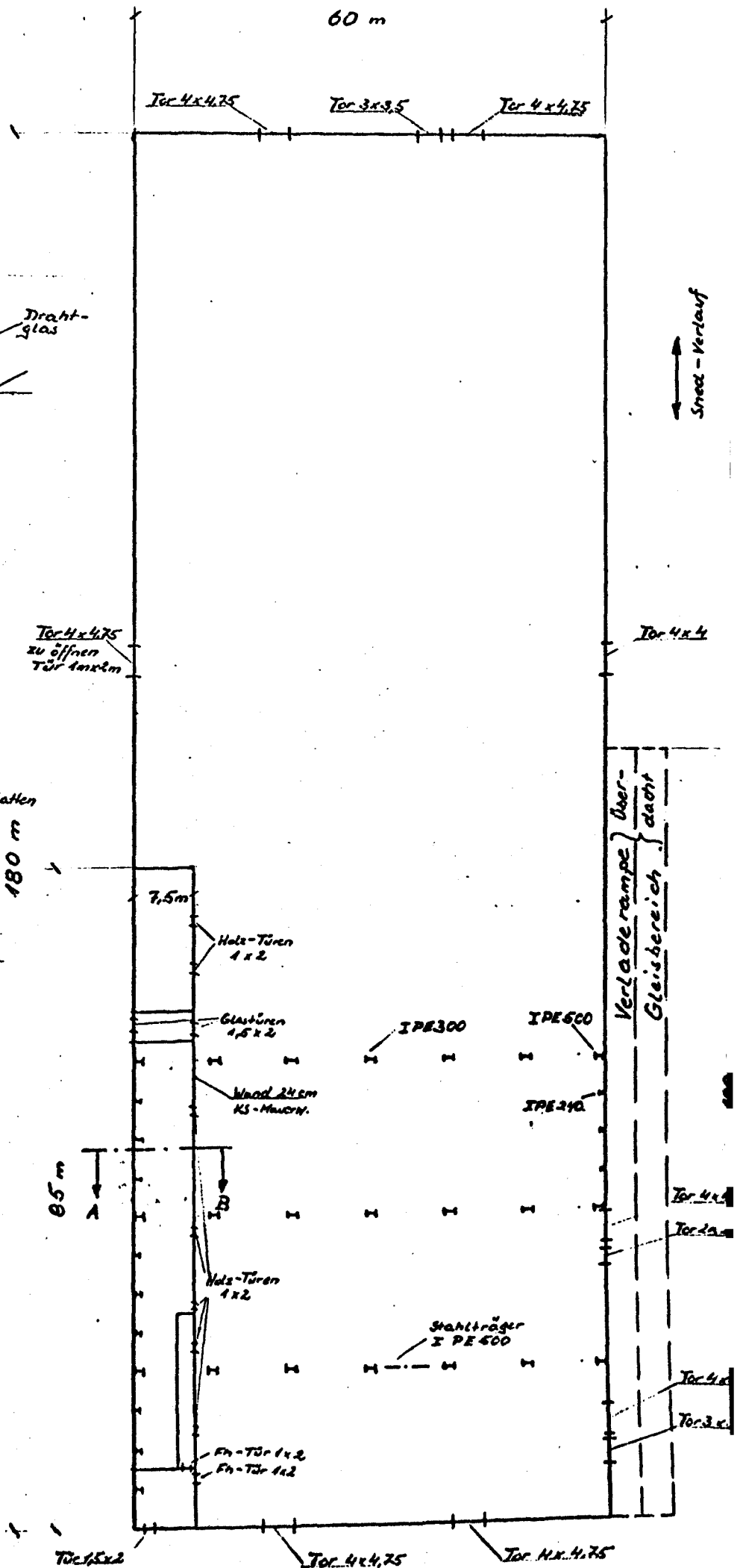


Schnitt durch den
Verwaltungstrakt
(Schnitt A - B)



Code-Nummer :

12/22/033



M 1:750
235